مكتبة الأسرة ٢٠٠٨

سلسلة العلوم والتكنولوجيا

عصر الجينات والإلكترونات

"الإنسان المزيد وشبكة العالم أجمع"

تأليف: والتر تروت أندرسون

ترجمة: دكتور أحمد مستجير



عصر الجينات والالكترونات

«الانسان السّريد وشبكة العالم أجمع»

القراءة للجميع

مكتبة الأسرة ٢٠٠٨

برعاية السيدة

سوزان مبارك



المشرف العام

د. ناصر الأنصاري

الجهات المشاركة

جمعية الرعاية المتكاملة المركزية

وزارة الثقافة

وزارة الإعلام

وزارة التربية والتعليم

وزارة التنمية المحلية

المجلس القومي للشباب

وزارة التنمية الاقتصادية

تصميم الغلاف

د. إيناس حسني

التنفيذ

الهيئة المصرية العامة للكتاب

عصر الجينات والإلكترونات

"الإنسان المزيد وشبكة العالم أجمع"

تأليف: والتر تروت أندرسون

ترجمة: دكتور أحمد مستجير

٢٠٠٩

عصر الجينات والإلكترونات

لوحة الغلاف من أعمال الفنان: رؤوف رأفت

كإضافة جديدة لمكتبة الأسرة قدمنا على غلاف كل كتاب لوحة تشكيلية لفنان مصري معاصر من مختلف المدارس والأجيال وهذه اللوحات لا تعبر بالضرورة عن موضوع الكتاب.

وتتقدم مكتبة الأسرة بالشكر لقطاع الفنون التشكيلية بوزارة الثقافة ومتحف الفن المصري الحديث على هذا التعاون.

أندرسون ، والتر تروت .

عصر الجينات والإلكترونات (الإنسان المزيد وشبكة العالم أجمع)/ تأليف: والتر تروت أندرسون؛ ترجمة: أحمد مستجير .ـ القاهرة : الهيئة المصرية العامة للكتاب ، ٢٠٠٩.

٣٢٤ ص ؛ ٢٤سم (أسرة ٢٠٠٩- ع. وتكنولوجيا)

تدمك : ١ - ٧٤٩ - ٤٢٠ - ٩٧٧ - ٩٧٨.

١ ـ الجينات . ٢ - الوراثة - خصائص.

٣ - الجينات - كيمياء ، حيوية .

أ - مصطفى، أحمد مستجير، ١٩٣٤-٢٠٠٦ (مترجم).

ب - العنوان . جـ - السلسلة .

رقم الإيداع بدار الكتب ٤٩٤٢ / ٢٠٠٩

I.S.B.N 978-977-420-749-1

ديوى ٥٧٦,٥٢

توطئة

منذ ثمانية عشر عامًا انطلق مهرجان القراءة للجميع على جناح فكرة أن الكتاب هو عماد المعرفة الرئيسى، والثقافة الرفيعة، وأن الكتاب ينفرد عن غيره من أدوات التثقيف ومصادر المعرفة بقدرته على تنمية الفكر وصنع العقول المستنيرة، وتكوين الشخصيات المتميزة، وفتح آفاق الاستنارة أمام الملايين، والإسهام فى تشكيل وجدان الأمة، وحفظ تراثها، والوصول إلى رؤى مستقبلية لنهضتها.

ولقد حرصت مكتبة الأسرة طوال أعوامها السابقة كرافد رئيسى للمهرجان على تحقيق الهدف النبيل من تأسيسها.. ذلك الهدف الذى تحدد فى طرح العبقرية الإبداعية والفكرية والعلمية للمجتمع المصرى المعاصر، وفتح نوافذ على الفكر والإبداع العالمى، وإقامة جسور بين الحضارات المختلفة، والتعرف على ثراء التاريخ الفرعونى والإسلامى، وأخيرًا تحفيز الأجيال الجديدة على القراءة حتى تصبح عادة، بل ضرورة ملحة تترسخ أهميتها فى الأذهان من خلال كتب عظيمة الفائدة، تباع بأسعار رمزية فى متناول الملايين.

ولأن وصول الكتاب إلى كل مكان فى مصر سيظل حلم السيدة الفاضلة سوزان مبارك، راعية القراءة للجميع. فلقد أعلنت هذا العام مبادرتها الجديدة بإهداء مليون كتاب مجانًا للمجتمع، ولأن مهرجان القراءة للجميع يتخذ شعارًا مختلفًا كل عام يتواءم مع الرسالة التى يهدف إلى تحقيقها وتنوعها وتطورها عامًا بعد عام، فإن مكتبة الأسرة تتخذ توجهًا عامًا فى اختياراتها للكتب، يستهدف دائمًا تحقيق وعى عام متجدد يطور القوى الاجتماعية، ويقوم على

منظومة قيم تتلخص فى تعميق دور العلم والتفكير العلمى، وتعزيز الديمقراطية، والتعددية وترسيخ قيمة المواطنة والانتماء والمشاركة والمسئولية، ودور مؤسسات المجتمع المدنى، وتأكيد قيمة التسامح وثقافة السلام، وترسيخ قيمة دور المرأة، وقيمة التجدد الثقافى والتفكير النقدى والحوار والتبادل والتواصل المجتمعى والدولى، وإبراز تواصل الإبداع المصرى. ولقد تم استحداث قيمة جديدة هذا العام هى تعزيز تجليات الوطن وقضاياه، وذلك لمواجهة متغيرات خرائط الصراع المضاد، الذى يسعى إلى التفتيت بإشعال الفتن والانقسامات التى تحول الانتماء الوطنى إلى ولاءات لأعراق وعقائد ومذاهب، وفق تصنيفات قاطعة تعمل على تعبئة الناس وقولبتهم لكى تضعهم فى موقف التضاد بعضهم لبعض على سبيل الاستبعاد والاستعداء للنيل من سيادة الدولة الوطنية، وانتهاك دعمها للمواطنة والديمقراطية والمجتمع المدنى ومشروعية التعايش؛ ولذا ستظهر تجليات الوطن وقضاياه وتتجسد فى الإبداعات التى ستطرحها مكتبة الأسرة هذا العام.

لقد نهض صرح مكتبة الأسرة على أعمدة المكتبة العربية، وثراء تحفها الإبداعية والفكرية، واكتشاف الأقلام الموهوبة الشابة، فالتف الجميع حوله كواحد من أكبر المشاريع الثقافية فى تاريخ مصر الحديث، نأمل دائمًا أن يحقق أحلامه العظمى، وأن يساهم مساهمة فعلية فى نهضة المجتمع.

مكتبة الأسرة

تقديم

أحمد مستجير العالم، الباحث، والأديب الشاعر والإنسان أبو علم الهندسة الوراثية فى مصر، والعالم العربى، أثرى المكتبة العربية بأكثر من ٢٥ مؤلفًا فى علوم الوراثة إضافة إلى الترجمات الأدبية والعلمية، وحصل على عدد من أرفع الأوسمة فى مصر، وكان عضوًا فى نحو ١٢ هيئة وجمعية علمية وثقافية.

ولد الدكتور أحمد مستجير مصطفى فى ديسمبر ١٩٣٤م بالصلاحات مركز دكرنس محافظة الدقهلية، وعاش عمره كله حاملاً على كاهله النهوض بالهندسة الوراثية، والتكنولوجيا الحيوية، ولغة الچينات والإلكترونات وغيرها من العلوم الإنسانية.

شغل درجة مدرس بكلية الزراعة جامعة القاهرة ١٩٦٤، ثم درجة أستاذ مساعد بكلية الزراعة جامعة القاهرة ١٩٧١، ثم درجة أستاذ بكلية الزراعة جامعة القاهرة ١٩٧٤، ثم انتخب عميدًا لكلية الزراعة جامعة القاهرة من ١٩٨٦ حتى ١٩٩٥، ثم عين أستاذًا متفرغًا بكلية الزراعة جامعة القاهرة منذ ١٩٩٥.

فعندما نذكر الهندسة الوراثية لابد وأن نذكر الدكتور أحمد مستجير، الذى أطلق عليه لقب «الأديب المتنكر فى صورة العالم»، نظرًا لتعدد إسهاماته فى أكثر من ميدان علمى وأدبى وإنسانى، ويستعرض كتابه «عصر الجينات والإلكترونات» القضايا العلمية بدءًا بالحاضر بكل إنجازاته المذهلة وتقدمه فى مجالات الحاسبات والاتصالات والإلكترونيات والهندسة الوراثية، وهندسة الجينات والتفاعل فيما بينها مع غيرها من قضايا العصر.. والمنتظر حدوث تطورات تؤدى إلى نقلة حضارية فى حياة الجنس البشرى على كوكب الأرض.

فمن ثورة التركيب الذرى، إلى ثورة الإعلام، إلى ثورة الاتصالات، إلى ثورة الفضاء، إلى ثورة الإلكترونيات، إلى ثورة المعلومات، إلى ثورة الذكاء الاصطناعى، ثم إلى ثورة الهندسة الوراثية، وامتدت تطبيقات الهندسة الوراثية والتكنولوجيا الحيوية إلى جميع أوجه حياتنا اليومية؛ مما يصعب معه أن تقوم دولة بمفردها بإعداد خطة تنمية اقتصادية للاستفادة من هذه الثورة الصناعية؛

لزيادة معدلات إنتاجها القوى وبناء كفاءات بشرية واستمرارها، ولما كانت دول الوطن العربى بما تملك من مقومات وأسس مشتركة ومبادئ وقيم دينية وأخلاقية تفرض عليها الحفاظ على شكل من أشكال التقارب والتعاون فيما بينهم لتحقيق التكامل العربى المنشود، خصوصًا ما ينعكس على مستقبلها الاقتصادي والحضارى ووجودها بوصفها كيانًا مؤثرًا فى خريطة العالم المستقبلية.

يمزج كتاب عصر الجينات والإلكترونات علم الأحياء مع دراسات تاريخية وثقافية وسكانية ولغوية. محاولاً أن يجلى الغموض الذى يحيط بعلم الوراثة.

والكتاب بمؤلفه (والتر تروت آندرسون) ومترجمه (د. أحمد مستجير) إضافة قوية إلى مكتبة الثقافة العربية والعلمية ليتمكن القارئ من التعايش مع العصر الحالى والمتغيرات المستقبلية.

ويسر مكتبة الأسرة أن تقدم للقارئ هذا الكتاب ضمن إصداراتها هذا العام عن طبعته الأولى الصادرة عام ١٩٩٨ عن كتاب «سطور».

الفهـــرس

العنوان الأصلي للكتاب

Evolution isn't what it used to be,

By W.T. Anderson,

Published by W.H. Freeman & Co. ,1996.

اقترح جاك إيلول، وقد أزعجته النواحي السلبية للتكنولوجيا " أن التطور... يمضي دون تدخل حاسم من الإنسان، إلا قليلا" . في هذه الملاحظة قدر كبير من الحقيقة، ربما كان غير مقصود. قد تكون التكنولوجيا جزءاً طبيعيا من تطور الإنسان ، أي أنها لم تخضع حتى الآن، إلا بالكاد، لتحكم الإنسان. إننا لم نفهم بعد تماماً، أو نقبل، الخصيصةَ التطورية العضوية للنمو التكنولوجي. إن الفكرة، في حد ذاتها، غريبة بعض الشيء عن إدراكنا...

والتكنولوجيا – كما أبدعها الإنسان، وجَدَّدَها، ثم في نهاية المطاف وَجَّهَهَا – عضويةٌ تماما، مثل صدفة القوقع، ودرع السلحفاة، وبيت العنكبوت، وبذور الهندباء ينقلها الهواء. إنها في نواحي عديدة أكثر انتشاراً ، كمكون فعال من النظام الإيكولوجي، من أي صورة من صور الحياة العضوية، باستثناء الإنسان. إن مقدار الطاقة التي تحولها الآلات، والمواد المستخرجة من الأرض لتعالَج ويعاد تجميعها وتوزيعها في الأيض الإيكولوجي، والآثار الضخمة لمثل هذه المعدلات المتزايدة من الأيض على النظام الإيكولوجي، تفُوق الآن أثر الكثير من العشائر الكُرْضية من الأنواع الحية الأخرى. إننا لا نستطيع توجيه نظمنا الإيكولوجية، وغيرها من النظم الحديثة، والتحكم فيها، إلا من خلال تفهم أكبر لنموها. لم يُبذل حتى الآن إلا القليل من المساعي للتفهم؛ بينما وُجِّه اهتمام أكبر إلى الاستثمار اللامبالي أو إلى الرفض الطائش.

– جون ماكهيل.

مقدمة

ماذا لو تغير كل شيء،
ثم لم يلحظ أحد؟

أعتقد أنه مــن الفطنــة أن تعرض قضيتك في بداية عمل كهذا. لذا سأعرض هنا قضيتي واضحةً قدر استطاعتي: إننا نحيا في خِضَم تَحَوُّل تطوري هائل – تطور يجري الآن فعلاً ، في داخلنا ومن حولنا. إننا نتحول لنصبح ضربا من الحيوان يختلف عن كل ما ظهر قبلا. ثم إننا نحيا في عالم مختلف أيضا – ونسكنه بطريقة مختلفة، مغايرة لطريقة الأنواع الأخرى، ومغايرة لطريقة البشر منذ عدد من الأجيال معدود.

نتغير نحن مع تَكَشُّف هذا التحول، ويتغير العالم الذي به نحيا، وتتغير كل الحياة فيه، تتحول بطرق جذرية وفي اتجاه لا يعود. ينهمك الناس في حمية يكشفون الشفرة الوراثية للإنسان، يتعلمون كيف يحورون التركيب الوراثي للأنواع الأخرى من الأحياء، ويخلّقون ضروبا جديدة من الكائنات الحية. إن هذا يحدث الآن، ويحدث للعجب في غير حماس كبير، على الرغم مما يذيع حول البيوتكنولوجيا في بعض الدوائر من ضوضاء وعنف. ثم إن تلاقي التكنولوجيات يشكل جزءاً كبيرا من هذا التحول. لكن الحدث الهائل حقا في زماننا ليس هو تلاقي التكنولوجيات وتقاربها، وإنما هو تلاقينا نحن مع تكنولوجياتنا. يوسع الكمبيوتر وغيره من الأجهزة عقولَنا، وتوسع من أجسادنا سلسلةٌ طويلة من الابتكارات الثورية ، من الفاكسينات إلى الأعضاء الاصطناعية – وهذه حقا أجزاء من كياننا. في نفس الوقت يتحول العالم إلى كوكب بيوإلكتروني (بيوني) – تُغَيِّر صياغته ، تربطه الأسلاك ،

تغمره شبكات من نُظُم المعلومات تراقب صحته، وتتنبأ بمستقبله، وتتحكم في نظمه الإيكولوجية. يحدث هذا كله الآن، وهو بالتأكيد ليس

سراء، ورغم ذلك فلا يكاد يلحظه أحد: ربما لاحظ كل منا بالطبع شيئا واحداً منه أو آخر، لكن القليلين فقط قد تمكنوا من تجميعها سويا.

أما ما تناله إذا ما جمعتها سويا فهو تحول ثوري حقيقي، وثبة من تلك الوثبات الغريبة التي تقوم بها الحياة عندما تغدو شيئا جديدا تماما ومختلفا – عندما يتغير كل شيء. إن مهمتي في هذا الكتاب هي أن أقنعك بأن هذا يحدث – ثم، علاوة على ذلك، بأن هذا يحدث بشكل أسرع من كل التحولات الثورية الرئيسية التي وقعت في الماضي، وبأننا لن نستطيع أن نستمر في عدم ملاحظتها.

ومهمتي أيضا أن أقنعك بأن هذا التحول الثوري هو أمر عمليّ تماما، هو واقعة تبرز مشاكل ملموسةً تواجهنا وتقدم فرصا لنا جميعا. تتخذ الحكومات في وقتنا هذا قراراتٍ سياسيةً بشأن مناخ العالم وجوِّه. ينجح رجال الأعمال أو يفشلون بقدر مهارتهم في استيعاب التغيرات السريعة المتلاحقة في الطب والزراعة. نتعامل جميعا، أفراداً وعائلات، مع خيارات جديدة، وقوى جديدة، وطرق جديدة لحل بعض مشاكلنا، وقضايا تدعو للقلق جديدة. يعرض التحولُ قضايا أخلاقيةً حقيقية ومُلِحَّة، وقضايا هائلة – أعتبرها الأكثر إلحاحاً – عن العدالة : لأن هناك من الأسباب ما يدعو للخوف من أنَّ المصادر الجديدة للمعلومات، والأدوات المذهلة التي توسع من حياة البشر، توزع الآن بشكل أقل عدلاً إذا ما قورنت بالسلع الأكثر ألفة، كالغذاء والإيواء.

ذكرتُ التقارباتِ التكنولوجية، تلك القوى الهامة في التحول ؛ وهذه ذاتها بمعنى ما مصنوعةٌ من تقاربات . إن كلمة "تقارب" تحوّم هذه الأيام في الجو، ومعظم الإثارة يدور حول تَقَارُن التكنولوجيات الإلكترونية، كالكمبيوتر والتلفزيون. وتلك في الحق مادة مثيرة . غير أن الناس قد بدأوا يلاحظون شيئا آخر، يسمى أحيانا "التقارب البيُوني" – تقارب العلوم البيولوجية مع كل التكنولوجيات الإلكترونية. هذا هو موضوع الفصل

الأول، لأنه يقودنا إلى تفهم ما أُطْلق عليه جون ماكهيل اسم "الخصيصة التطورية العضوية للنمو التكنولوجي" - تَلازُمها مع عقولنا وأجسادنا، مع تطور جنسنا البشري.

يدأ التقارب البيوني منذ فترة، لأن البيوتكنولوجيا الجديدة قد ترعرعت (مثل أبنائنا) في عصر الكمبيوتر؛ فلولا وجود تكنولوجيا الكمبيوتر لما كان الدنا المطعوم ، ولا كان مشروع الجينوم البشري، ولا كان العلاج بالجينات يفتح فصلاً جديدا في تاريخ الطب. ومن بنات عصر الكمبيوتر أيضا مراقبة بيئة الكرة الأرضية - أداتنا الرئيسية لتفهم ومعالجة الشئون الكُرْضية مثل ظاهرة الصوبة . تنطلق العلوم البيولوجية قُدُماً متعاونة مع تكنولوجيات المعلومات / الاتصالات، وهما سويا يحوِّلان في طريقهما الحياةَ الشخصيةَ والسياسات العالمية بطرق مثيرة واعدة مُقْلِقَة. يكتشف الناس أن لديهم مجالاً مذهلاً من الخيارات الجديدة حول أمور أجسادهم، كما يجد الجنسُ البشري نفسه يدير شئون المحيط الحيوي.

إلى أين يأخذنا هذا كله؟ سأقدم بعض التنبؤات، من بينها:

١) **سنعود على اليوجينيا** : وكلمة اليوجينيا - التي تعني الجهود الواعية لتحسين نوعية الإرث الوراثي للبشر - هذه الكلمة قد اكتسبت وضع المحرمات منذ أيام هتلر، ولأسباب وجيهة. ومع ذلك سأُبيِّن أن ثمة عصراً جديداً لليوجينيا قد بدأ، وأن هذه اليوجينيا الواقعية أكثر وأقل مما يعنيه الناس عادة عندما يستخدمون هذه الكلمة الرهيبة.

٢) **سنعيد النظر في الإيكولوجيا** : البيئيَّة اليوم تعارض التكنولوجيا في إخلاص وفي شيء من الغفلة ، وترنو في صبابة رومانسية إلى الماضي. ولأنني بيئيٌّ طول عمري فلديَّ ارتباطات عاطفية قوية بهذا النوع من التفكير - لكنه تفكير محدود وخطير. يتميز البيئيون في ملاحظة المشاكل - ومن هنا كانت حركتهم نافعة - لكن خوفهم المستحكم من المستقبل يمنعهم من التفهم الكامل لما يحدث في العالم. إنني أعتقد أن المستقبل

سينتمي إلى بيئيّة من نوع جديد نشط، يُقيِّد تكنولوجيات المعلومات/ الاتصالات ويحتضن البيوتكنولوجيا.

٣)**سَتُحَضِّرُ الصناعة** : في العقد الأول من هذا القرن تأملَتْ جماعة من الفلاسفة الاجتماعيين - من بينهم لويس مامفورد - وتفكّرت في تحول إلى مجتمع " بيوتقني"، تحل فيه نظم الإنتاج البيولوجية محل آلات المصنع غير العضوية. وهناك على الأفق الآن شيء من هذا القبيل. ستقوم البيوتكنولوجيا بتحويل الكثير من العمليات الصناعية (من التعدين إلى التصنيع) وستنشأ مواد بيولوجية جديدة.

٤) **سنتحول إلى مجتمع معلوماتي بيولوجي** (بيومعلوماتي) : لن يفوتك أن تلمح نظاما اجتماعيا كُرْضيا، تحيط بالأرض فيه شبكة هائلة من المعلومات البيولوجية، تؤثر واقعيا في كل ما نفعله - لن يفوتك أن تلمح هذا إذا ما جمعت الأجزاء المختلفة معا : التآزرات بعيدة الأثر للمعلومات/ الاتصالات التقدم في مشروع الجينوم البشري، النظام العالمي لبنوك الجينات وما تحمله من بذور ملايين أنواع النباتات والحيوانات، الأقمار الصناعية تراقب النُظُم الايكولوجية من الفضاء. سيحتاج هذا المجتمع الجديد إلى بنى حكومية مختلفة وإلى مهارات مختلفة وقيم. سيكون هذا النظام الاجتماعي الجديد ثمرةً للإبداع البشري، لكننا لا نستطيع ببساطة أن نقيمه بنفس الطريقة التي نصمم بها مبنى ونشيده - يلزم أن نتعلم طريقنا إليه.

طبيعي أنْ ليس ثمة مَنْ يمكنه أن يثبت إن كان التنبؤ سيتحقق . لكنني أستطيع أن أقدم شواهد قوية تبين أن هذه التنبؤات ليست بعيدة التحقيق كما قد يبدو للوهلة

الأولى. والحق أن بكلمة "التنبؤ" شيئا من الخداع، لأن أيًا مما ذكرته يحدث الآن بالفعل.

يلفت النظر أنَّا لا نجد إلا القليل من النقاش حول التحول التطوري الحاضر. هناك الكثير من الحديث الحر في دوائر "العصر الجديد" حول القفزات التقدمية الهائلة – أكثر من اللازم، في رأيي – وهناك عدد غير قليل ممن يعرفون أهمية التقارب البيوني ويحاولون جهدهم أن يَجِدُوا (أو يبتكروا) لغة تمكِّنهم من وصف رؤاهم لنا جميعا. لكننا لن نجد سوى القليل جدا من الحديث عن مثل هذه الأمور في العوالم الرتيبة المملة للحكومة ورجال الأعمال – حيث يُوَجَّه التحول ويُصاغ ويُعاش. إذا ما عولجت أجزاء التحول على نحو صريح، فسنجد الوضع بالضبط هكذا – معالجة الأمر كأجزاء. يبدو أننا لا نمتلك معجما نجمِّع به الأجزاء للحكومة ورجال الأعمال – حيث يُوَجَّه التحول ويُصاغ سويا – نحكي لأنفسنا القصة الأكبر كطريقة نفهم بها أين ننسجم فيها كأفراد، وأي قدر من القصة يمكن نكتبه كمجتمع.

إنني اعتقد أن هناك الكثير مما نكسبه إذا اتجهنا إلى القصة الأكبر، نستخدمها لتأطير تفكيرنا عن القضايا العامة والخاصة. وهناك الكثير مما نكسبه بالاشتراك في هذا التحول بفاعلية وانتباه وإبداع – لاسيما وأنْ ليس من يستطيع ألاَّ يشترك فيه.

الجزء الأول

اللقـــاء البيونـــى

الفصل الأول
الكمبيوتر يقابل الجين

بيولي: صفة استخدام الأجهزة الإلكترونية الميكانيكية لمساعدة الإنسان في أداء مهام صعبة، أو خطرة، أو معقدة؛ بيو+(الكترو)ني.

أما الآن، فثمة ما هو جديد على المسرح: إننا نمتلك بالفعل القدرة على إجراء التجارب على التطور. في استطاعتنا أن نجرب داخل الكمبيوتر عشائرَ لمئات الآلاف من الأجيال، بل ولملايين الأجيال، وأن نرقب عملية التطور...

" هناك ما هو أكثر من هذا: ثمة مَنْ يطوِّر بروتينات تقوم بحفز الرنا - إنه يولِّد حزمة كاملة من الرنا العشوائي ، ثم يرتب الأمر بحيث ترتبط إذا كانت قادرة على أن تقوم بهذا الحفز ، ثم يقوم بترشيحها بحيث يزداد في المخلوط تمثيل الجزيئات التي تؤدي العمل الصحيح. ثم إنه يكاثر هذا العدد القليل مستخدماً تقنيات الدنا ويحصد جيلا، ثم يكرر ذلك، ليحصل في النهاية على بروتينات خاصة جدا تؤدي مهام خاصة. بذا يصل - حرفيا - إلى التطور في أنبوبة الاختبار، الآن. وليس ثمة من سبب ألاّ تُؤْتَمَت هذه العملية بطريقة ما. هذا شيء ممتاز - تماما كما لو كنتَ حاضراً أثناء اختراعهم أول الترانزستورات."

— دالي هيليس

التطور أكبر بكثير من الحكاية الداروينية القديمة، الموضوع الذي يتجادل العلماء حوله ويجادل رجال اللاهوت ضده، إنه نمو وتغير كل الكائنات الحية، نمو وتغير الحياة ذاتها. وهو الأساس لكل ما يحدث لأجسامنا ولعقولنا وللأرض التي نحيا على ظهرها. إنه الموضوع الذي ينسق كل المواضيع الأخرى. إنه – كما يقول تيلهارد ده شاردان، اللاهوتي الذي أوقع نفسه في الحرج عندما اعتبره يد الله – " نور يضيء كل الحقائق، منحنى لابد للخطوط جميعا أن تتبعه".

للتطور نواحي كثيرة غامضة فاتنة؛ وأكثر هذه النواحي غموضا وفتنة هو أن التطور يتطور. أنْ تتغير الحياة، هذا أمر في حد ذاته مذهل، لكن الطريقة التي بها تتطور الحياة تتغير أيضا. تَبْتكر عملية التطور ما بين الفينة والفينة سبيلا جديدا للتقدم، فترفع نفسها إلى مستوى آخر، وتبدأ مرحلة جديدة من النمو. يمكننا أن نرى أن قفزات كهذه قد حدثت في الماضي. نحن نعرف على سبيل المثال أنَّ تحولاً رائعا لا يُعْكَس ولا يمكن التنبؤ به قد وقع عندما ارتبطت لأول مرة جزيئات تتضاعف، فأصبحت شيئا كالكائنات الحية، تغيرت هذه وتغير العالم. ونحن نعرف أن مثل هذا التحول قد حدث ثانية بعد مرور ملايين السنين، عندما ابتكر سُلاَّنُ هذه الكائنات الأولى نُظُمَ الاتصال الرمزي التي نسميها اللغة. أصبحت القِرَدَةُ الناطقة ضربا مختلفا من الأنواع، وتبدل العالم بعد أن ظهرت به هذه المخلوقات – التي يمكنها أن تشعل النار، وتستأنس الحيوانات، وتزرع البذور في الأرض، وتحيا في كل مناخ. يمكننا أن نلحظ هذه الأشياء إذا نظرنا إلى الخلف، بل ويمكننا حتى أن نتخيل تحولاتٍ كهذه في المستقبل – وكتّاب الخيال العلمي شُطّار في هذا – لكن، يصعب علينا أن نصدق أن مثل هذا التحول يحدث الآن.

ونحن بالتأكيد في غمرة تحول كهذا. لا، ليس سهلاً أن نَصِفَهُ، فزواياه متعددة ، لكنه يتعلق بتفجر قدرة الإنسان على دراسة الحياة ومنابلتها،

وعلى التأثير في مجرى التطور. من بين أهم أجزاء عملية التحول هذه : التقاء الثورة البيولوجية بثورة المعلومات، البيولوجيا بالالكترونيات.

لا نسمع الكثير عن التقاء البيوتكنولوجيات بتكنولوجيات المعلومات والاتصالات، لكن الأغلب أن يستحوذ هذا اللقاء على اهتمام الناس قريبا. مَرَّ حينٌ من الدهر سيطرت فيه الفيزياء النووية على خيال الجماهير باعتبارها ذروة المعرفة – الطاقة = الكتلة × مربع سرعة الضوء، مشروع مانهاتن، وغير ذلك من أمور – ثم جاء بعد ذلك ببضعة عقود زمانٌ تسلّم فيه الزمامَ انفجارُ الفضاء، فمضى يشكل فهم الجماهير لما يمكن أن ينجزه العلم و / أو التكنولوجيا. لم يفقد أي من هذين سيطرته تماما، فلا زالت الفوتونات والكواركات تبهرنا، ولا زال " عالَم الصواريخ" يمثل الشخص البالغ الذكاء. لكننا إذا نظرنا إلى الوضع كمسعى فكري محركٍ للعقل – تصاحبه السرعة المذهلة للتحرك من الأفكار المجردة إلى التطبيق العملي – فليس ثمة ما يقارن بما يحدث الآن على جبهة البيولوجيا، عند موقع التقاء منظومتين للمعلومات مذهلتين : الكمبيوتر والجين.

من شبكة صيد الفراشات إلى شبكة الإنترنِت

إن بزوغ عهد المعلومات البيولوجية – مثله مثل الكثير من الوقائع التاريخية العظمى – هو بزوغ مستجد. إنه شيء أكبر من مجموع أجزائه، ومن ثم لا يمكن التنبؤ به. لكننا إذا نظرنا الآن إلى الخلف، فسنجد أنه كان يشق طريقه من زمان طويل. لقد كان مما لا يمكن التنبؤ به، ولقد كان في نفس الوقت محتوما.

كان اللقاء البيوني كامنا في الرحم منذ قرون، فلقد كانت دراسةُ الحياة دائماً نتيجةً للّقاءات. إن من يبحث عن تفهم جديد لأشياء كالنباتات والحيوانات، أو كالحياة الميكروسكوبية، أو كإيكولوجيا النُّظُم الكبيرة، إنما يستخدم عادةً ما يجده متاحاً من أدوات فكرية. تعوّق البيولوجيين أو

تساعدهم حالةُ التكنولوجيا – ومنها تكنولوجيا المعلومات – كما يعوقهم أو يساعدهم التقدمُ في مجالات المعرفة الأخرى، مثل الرياضيات.

كان أرسطو واحداً من أوائل الرواد البيولوجيين. كان أول شخص نعرفه يحاول أن يجري تقسيما تصنيفيا لكل أشكال الكائنات المختلفة. لكن عدد الأنواع المتاح له كان محدودا. لم يكن له أن يدرس ما لا يراه، ثم إن غياب الميكروسكوب قد حدد من عمله، إذ كانت الملايين والملايين من صور الحياة بالفعل خفيَّة. وكان عمله مقيداً أيضا بحدود العالم الذي يعرفه، وهو بالتقريب حوض البحر المتوسط؛ لم يكن له أن يرى ما يقع خارج هذه الحدود، وكان معظم ما يصله عنه تهويمات خيالات جامحة لأناس عمرهم ما شافوه. أما مفاهيم تسجيل المعلومات ونشرها فكانت أيضا بدائية بمعاييرنا الآن. كان على أرسطو وتلاميذه أن يسجلوا نتائجهم على لفائف البردي الهشة. و لم يظهر إلى الآن الكتاب الأول – مخطوطة من صفحات من البرشمان مجلدة باليد. ربما لم يقرأ دراسات أرسطو في زمانه إلا بضع مئات، ثم ضاع إلى الأبد معظم عمله.

عندما بدأ البيولوجي السويدي كارل فون لِينيُوس عمله في القرن الثامن عشر، كان الوضع قد اختلف كثيرا. كان ثمة تقدم قد حدث في صناعة الخرائط وبناء السفن وتكنولوجيا الملاحة، وكان العالَم قد أصبح دائريا وغدا في مقدور المسافر أن يعبر المحيطات إلى بلاد بعيدة يدرس ما بها من فلورا وفونا. ولقد قام العديد من تلاميذ لينيوس بهذا ومات منهم عدد كبير في غضون ذلك بسبب الأمراض الغريبة. كان لعمل لينيوس أن يُنْشَر في كتب ويوزع على الباحثين بعد التقدم في تنضيد الحروف والطباعة. دائرة أوسع لجمع البيانات؛ عدد أكبر من الناس في الحلقة؛ سرعة انتقال المعلومات.

قام تشارلس داروين بأبحاثه الميدانية خلال رحلته على ظهر السفينة "بيجل"، ولقد كان في مقدوره أن يوصّل نتائجه إلى غيره من دارسي العلوم

الطبيعية في وقت أقصر لولا أنه قضى عشرين عاماً يتفحص بياناته. وأخيرا، وفي عام ١٨٥٩ نشر كتابه " أصل الأنواع" فكان بمثابة صدمة هزت أرجاء العالم كله – صدمة بطيئة الحركة بمعاييرنا الحالية، وإن كانت هائلة التأثير. وبعد مرور عشرين عاما، عند وفاة داروين، كان الكتاب قد تُرجم ونُشر وفُحِص وعُلِّق عليه وهوجم في كل مكان. ليس من كشف علمي قبله قد تمكن من أن يسبب كلَّ هذا الأثر في مثل هذه الفترة الوجيزة.

لم يبدأ التناول الرياضي للعلم التطوري مع داروين – ولقد أصبح هذا التناول بسرعة جزءا محوريا وأساسيا في هذا المجال. لم يكن داروين رياضيا، لكن ابن عَمته فرانسيس جالتون كان مجنونا بالاحصاء. كان جالتون يعتقد أنه من الممكن قياس كل شيء، حتى لقد طَبَّق الرياضيات على القضايا الدينية التي رأى أنه من الممكن اختبارها. هل الدعاء في الصلاة لشخص بطول العمر يطيل عمره؟ هل البواخر التي تحمل مُبَشِّرين ورعين أقل عرضَة للغرق؟ بدأ جالتون أثناء تفحص هذه المواضيع المتهورة في تجميع الاحصاءات عن الصفات الوراثية للإنسان. وضع عملُه الأساسَ لفرع جديد من العلوم الطبيعية، هو البيومتري، بدأ ظهوره مع اكتشاف تجارب جريجور مندل بعد أن كادت تضيع.

كان مندل، أسقف دير برون، رجلا مثقفا ودنيويا بشكل ما. درس الرياضيات والفيزياء والبيولوجيا في جامعة فيينا، ثم استكشف فيما بعد عددا من المواضيع الأخرى من بينها علم الأرصاد الجوية. كان عالما مدققا، حلّل عشرات الآلاف – بل ربما مئات الآلاف – من العينات في بحوثه في تربية البسلة. ولقد عَرِفَ عن كتاب داروين: فقد عُثر في مكتبته بعد موته عام ١٨٨٤ على نسخة من " أصل الأنواع " بالألمانية وعليها تعليقات بخط يده، وتُبين حالتُها أنها قد قُرأت كثيرا. لكنه لم يكن بأكثر من هاو. لم يكن حقا جزءاً من عالم العلم. لم تكن لديه اتصالات مباشرة بغيره من العلماء. قَرَأَ بحثا عن عمله أمام جمعية التاريخ الطبيعي المحلية، ويبدو أن الأعضاء لم

يتأثروا كثيرا بمغامرات الأب مندل في تربية البسلة، لكنهم نشروا البحث على أية حال. (كان عليهم أن ينشروه، فهو مؤسس الجمعية). لو ان داروين قرأ "أعمال جمعية التاريخ الطبيعي في برون" لعام ١٨٦٦، وبها بحث مندل الذي يعتبره كثير من البيولوجيين في مثل أهمية كتاب "أصل الأنواع"، إذن لسحره هذا العمل. لكنه أبداً لم يعرف عنه. لو أن البحث نُشِر في إحدى المجلات العملية المعترف بها آنئذ، إذن فلربما كان قد وقع عليه. لكن نظام المعلومات البيولوجية كان لا يزال بدائيا: فلم تصل الأنباء من برون إلى داروين.

لم يكن داروين هو الوحيد الذي لم يسمع عن أعمال مندل، فالواقع أن الجميع لم يسمعوا به لسنين طويلة. وزعت جمعية براون ١٢٠ نسخة من أعمالها لعام ١٨٦٦ . أشير إلى بحث مندل في البعض القليل من البحوث المجهولة، ثم اختفى من المشهد حتى عام ١٩٠٠ عندما اكتشفه ثلاثة من الباحثين، كلٌّ مستقل عن الآخر – واحد من ألمانيا، وواحد من النمسا، وثالث من هولندة – وأدركوا جميعا أهميته وكتبوا البحوث التي جعلت من مندل رجلاً مشهورا – بعد وفاته.

من بين هؤلاء العلماء الثلاثة كان عالم النبات هوجو ده فريز. نشر بحثه في مجلة علمية، وقرأه في انجلترا عالم الحيوان ويليام بيتسون بعد النشر بوقت قصير. وجد بيتسون فيه شواهد مثيرة للطبيعة الجسيمية للوراثة – فكرة أن صفات النبات أو الحيوان ليست مزيجا من صفات الوالدين، وإنما هي نتيجة تشغيل آلية ما أخرى (لم يكن أحد يعرف بالتحديد ماهيتها) تعمل بطريقة أكثر تعقيداً.

في ذلك الوقت كانت شبكات اتصال – منها بضع مجلات – قد توطدت ما بين مجتمع العلماء الواسع وبين المُنَظِّرين الذين يحاولون أن يكملوا عمل داروين . من بين القوى الأخرى المؤثرة في سير الأمور في عالم

العلم بعد داروين: التقدمات في التكنولوجيا (والميكروسكوب على وجه الخصوص) وكذا محاولات الوصول إلى دقة علمية أكبر في العلوم الطبيعية.

تمكّن فالتر فليمنج في ألمانيا باستخدام الميكروسكوبات الجديدة – بعدساتها الأقوى، وشرائحها الزجاجية وصبغاتها الاصطناعية – تمكّن من أن يدرس الجسيمات الصغيرة داخل الخلايا الحيوانية، التي أُسْمِيت فيما بعد باسم الكروموزومات، أي الأجسام القابلة للصبغ، لأنها تمتص الصبغات. (مع الآلات الجديدة كانت تُبْتكر لغة جديدة). بدأ بعض العلماء ممن جاءوا بعد فليمنج يشتبهون في أن تكون الكروموزومات هي التي تحمل رسائل الوراثة، أن تكون هي حقا المفتاح إلى التطور.

كان المفروض أن يمضي تمثيل التفكير الرياضي مع النظرية الداروينية والبحوث المعملية بصورة سريعة، لولا أن عَوّقه صراع تافه واغتياب أكاديمي بين كبار العلماء والطبيعيين في ذلك الوقت. لكنهم تحركوا، ربما رغما عنهم، إلى أن يُقِرّوا باعتراف عام بأن هناك داخل كل الكائنات الحية "وحدات للوراثة" – أطلق الناس عليها اسم "**الجينات**"، وهذه الكلمة يونانية تعني "المنتِجَة".

وفي خلال النصف الأول من القرن العشرين مضى علم الوراثة الوليد في طريقه بطيئا ولكن في ثبات. أُجرى في المعامل على التطور الكثيرُ من بحوث ما بعد الداروينية، فجمع الباحثون تلولاًمن البيانات عن وراثة صفاتٍ بذاتها. كان من أكثر هؤلاء الباحثين اجتهاداً توماس هَنْط مورجان، من جامعة كولومبيا، وكانت المادة المفضلة لديه في الدراسة هي ذبابة الفاكهة (دروسوفيلا ميلانوجستر). كان سحرها يكمن في قدرتها على الحياة على غذاء يسيط في بيئة بسيطة – كان مورجان عموماً يستخدم زجاجات اللبن – وفي دورة حياتها القصيرة. في ظرف عشرة أيام تفقس الذبابة وتنضج وتبدأ في انتاج ذبابات أكثر. يمكنك مع مثل هذه الأجيال القصيرة أن تجمع قدراً كبيراً من البيانات في عشرة أعوام من البحث. ولقد فعل

مورجان ذلك من نحو عام ١٩٠٧ حتى ١٩١٧. لم يكن يجمع الأرقام في إهمال، وإنما كان يتعقب الطفرات بطريقة منظمة وينقح النظرية المندلية – ويبحث عن الجين. ذاع استخدام هذا المصطلح، وإن ظل فكرة تجريدية للغاية. كان الجين واحداً من تلك الأشياء التي يلزم أن تكون موجودة – مثل الثقوب السوداء في الفضاء – لكن أحداً ما شاهده أو فهمه، لم تعرف إلا آثاره.

في حجرة الذباب بمعمل مورجان كان من المألوف بجانب الزجاجات أن تجد جهازاً ابتكره مورجان وتلاميذه يسهّل عليهم تتبع عملهم. كانت هذه الأداة – التي كانوا جميعا يفخرون بها أيَّ فخر – مجرد صندوق خشبي له أربعة جوانب – كل جانب يمثل كروموزوماً من كروموزومات الدروسوفيلا الأربعة. على كل جانب كانت هناك دبابيس رسم يحركونها أفقيا ورأسيا ليبيِّنوا مدى التقدم في تحديد موقع صفة. كان هذا كمبيوتر مورجان.

وأخيرا قاد عمل مورجان، وقد تابعه آخرون، إلى أولى الخرائط الكروموزومية – خرائط ومواقع جينات معينة. لكن الجين ظل مراوغا. بل لقد غدا بشكل ما أكثر مراوغة مع تقدم العمل بعد أن شارك علماء العالم بعضهم بعضا في نتائجهم التجريبية. كلما ازدادت النتائج ازداد تأكدهم أن عمل الجين معقد غاية في التعقيد. كان الجين كيانا غاية في الدقة يحمل تعليمات كل خصائص الكائن الحي، لكنه قد يتصرف بطريقة غريبة مباغتة غير متوقعة، فحتى بعدما يتوصلون إلى فكرة جد طيبة عن موقع الجين، فإنهم يظلون في حيرة من أمره.

كان الفرض السائد يقول إنه لابد أن يكون من البروتين. كان المعروف عن جزيئات البروتين أنها كبيرة، معقدة، قادرة على القيام بأشياء مذهلة، مثل حمل الاكسجين في الدم ومثل تسهيل إتمام الاتحادات الكيماوية. كان

ثمة عالم أمريكي خجول اسمه أوزوالد إيفري يدرس البكتريا في معمله بمعهد روكفيلر في نيويورك (كانت البكتريا قد أخذت تتحول لتصبح في مثل انتشار ذبابة الفاكهة كمادة تجارب، فهي تنتج جيلا جديدا في أقل من نصف ساعة). توصل هذا العالِم تدريجيا إلى استنباط يقول إن "العامل المُحَوِّلَ" ليس بروتينا وإنما هو الحامض النووي الديوكسي ريبوزي(الدنا) - على الأقل في سلالات بكتريا الالتهاب الرئوي. كتب لأخيه يقول :"من كان يظن هذا؟"، وقال البيوفيزيقي ماكس ديلبروك فيما بعد: "في ذلك الوقت كنا نعتقد أن الدنا مادة غبية...".

تطلب الأمر من المجتمع العلمي بضع سنين، بعد اكتشاف إيفري سنة ١٩٤٤، حتى يقبل الفكرة المذهلة بأن جزيءالدنا ليس مادة غبية، وإنما نظام معلومات ممتاز قادر على حمل كل التعليمات لبدء حياة الكائن الحي - وعلاوة على ذلك فهو نظام المعلومات لكل أشكال الحياة على الأرض، اللهم إلا قلة من الفيروسات ترتكز على الرنا، القريب اللصيق للدنا. وقبل أن يظهر المتشككون، كان السباق قد ابتدأ لتفهُّم: كيف بحق السماء قد فعلها الدنا! كانت مكوناته الكيماوية - القواعد الأربع زائدا الفوسفات وسكر الديوكسي ريبوز - معروفةً منذ عام ١٩٥٢ ، ومثلها أيضا الروابط الذرية التي تجمعها لتشكل الجزيء. لكن الوراثيين كانوا يعرفون أن ثمة شيئا لا يعرفونه - التركيب الواقعي ثلاثي الأبعاد للجزيء - وتصوروا أن هذا التركيب يحمل المفتاح إلى قدرة الدنا الرائعة على حمل المعلومات.

ثمة تقنية طورها الفيزيائيون - هي تحليل حيود الأشعة السينية - مكّنت العلماء من تصور هذا التركيب. باستخدام هذه التقنية يمكن للباحث أن ينتج صورة تعطي فكرة عن الطريقة التي يُنَظَّم بها الجزيء البيولوجي في الفراغ - صورة محيرة، من رشرشة من النقط لا تقول شيئا للعين المجردة أو تقول القليل، لكنها تقبل أن تُحلل رياضيا. كانت طريقةً مجهدة للغاية وتتطلب وقتا طويلا، ولا يقوم بها إلا أكثر العلماء صبرا. عمل جيمس

واطسون وفرانسيس كريك - الرجلان الذي كشفا في النهاية، عام ١٩٥٣، تركيب الدنا في صورة اللولب المزدوج الشهير - عملا في تحليل الأشعة السينية للدنا، قبل أن يبدآ محاولتهما لبناء نموذج للجزيء. كانت روزالند فرانكلين في كمبريدج، قد قامت بدراسة على الدنا بالأشعة السينية. ولقد وفرت هذه الدراسة القطعة الأخيرة من المعلومات التي أكملت النموذج، وجلبت لهما الشهرة، وأشعلت ثورة.

كان النموذج الواقعي تركيبا ناحلاً صنعاه بأيديهما بلحام قطع لامعة من الصفيح والسلك (مستخدمين نظاما طوره في أمريكا لينوس بولنج). كان هذا التركيب يمثل الصورة التي يُشَكّل بها جزيء الدنا - وهذا كشف في حد ذاته مثير - لكنه كان يبين أيضا طريقة عمله، كيف تعمل القواعد الأربع كأبجدية لكتابة تعليمات الجين. ولقد رأى واطسون وكريك، وغيرهما من العلماء الذين حضروا لمعاينة هذا التمثال المعدني، رأوا أنه ليس فقط مفيداً علميا، وإنما هو أيضاً جميل ومثير للمشاعر: طريقة جليلة مذهلة، تؤدي بها الطبيعة أخطر مهامها.

بسرعة انتشرت أنباء الكشف من كمبريدج. كان النشر الأول لاكتشاف واطسون وكريك في مجلة "نيتشر"، لكن الأنباء كانت قد بلغت بالفعل الكثيرين من العلماء قبل ظهور المقال. طبيعي أنْ قد كان هناك متشككون، لكن النظرة الجديدة إلى الدنا قد حظيت بالقبول العام في العالم البيولوجي، لتقفز إلى أبعد من حدود العلم وتصل إلى أجهزة الاعلام. تمت المقابلات مع واطسون وكريك في كل مكان، وكتبت عنهما الصحف والمجلات، وتحدثت عنهما البرامج التلفزيونية، بل لقد ظهر واطسون في صورة مع ريتشارد بيرتون على صفحات مجلة الأزياء "فوج".

ما أن قُبل المفهوم الأساسي للنص الوراثي حتى بدأت الخطوة التالية وهي قراءة أجزاء منه . هنا أمسك بزمام القياد فريد سانجر، الذي كان قد حصل على جائزة نوبل لعمله على جزيئات البروتين. كان سانجر باحثا

متمرساً له قدرة هائلة على العمل المعملي المجهد وعلى النفور من الشهرة. كان عليه أن يطور تقنيات بحثية جديدة تماما للعمل على الدنا، ولقد تطلب الأمر سنينا طويلة من المجهود الشاق قبل أن يتمكن من قراءة تتابعات كاملة من الدنا. وبحلول عام ١٩٧٠ كانت العشرات من الحروف الدناوية وقد قرأت في نُظُم بيولوجية مختلفة؛ ليصل العدد بسرعة في عام ١٩٧٧ إلى الآلاف، وليبلغ في الثمانينات الملايين، ثم بسرعة إلى عشرات الملايين. تميزت قفزة ١٩٧٧ بنشر أول جينوم كامل: النص الكامل لفيروس اسمه فاي - إكس - ١٧٤، في مجلة "نيتشر" أيضا.

ما أن تمت سَلْسَلَةُ أول جينوم كامل حتى كان ستانلي كوهين وهيربرت بُويَرْ في كاليفورنيا وقد وصلا إلى تصور لطريقة تُقَصُّ بها قطعة من المعلومات الوراثية من كائن وتُنْقَل إلى آخر، بحيث يقوم هذا الأخير "بالتعبير" عن الجين الجديد - أي أن يقوم بتنفيذ تعليمات هذا الجين. وبحلول عام ١٩٨٢ كان قد طُرِح بالسوق أول منتج تجاري يرتكز على تكنولوجيا الدنا المطعوم - الإنسولين البشري المُصَنّع بالبكتريا.

مع تقدم الدراسات على الجين، بدأت البيولوجيا تتخطى وسيلتها المفضلة للاتصال: المجلة العلمية المطبوعة. يحمل الجين الواحد من التتابعات النوتيدية عددا يتراوح ما بين ٢٠٠٠ ومليون نوتيدة؛ ولقد كان الكمبيوتر هو أفضل وسيط لهذه التجميعات الهائلة من البيانات - بل كان هو الوسيط العلمي الوحيد حقا. عندما ابتكر واطسون وكريك نموذجهما للدنا، لم يكن الكمبيوتر يثير اهتمام معظم البيولوجيين على الاطلاق. مرة قذف كريك في ازدراء أحد المراجع وهو يقول: "الأفضل أن يستخدم الانسان رأسه بضع دقائق، لا أن يستخدم آلة الكمبيوتر بضعة أيام". لكن، مع تقدم تحليل الجينومات، تَقَدَّم أيضا التقاء البيولوجيا بالالكترونيات.

عندما أُنشيء المستودعان الرئيسيان لبيانات مشروع الجينوم البشري - جينبانك بالمعمل القومي في لوس ألاموس نيومكسيكو، والمعمل الأوروبي

للبيولوجيا الجزيئية بهايدلبرج في ألمانيا – كانا مركزين مجهزين على أفضل وجه. لكن، أصبح من الضروري أن يوسَّعا نحو ٢٥ مرة خلال السنين الأربع الأولى من التشغيل. وحتى مع هذا ، ذكرت مجلة "ساينس" عام ١٩٨٦ أن البيانات قد طغت عليهما حتى غرقا!

في نحو هذا الوقت، كان حقل البيولوجيا الجزيئية يتحول تدريجيا نحو الكَمْتَرَة – لا، والكمترة بالكمبيوتر الشخصي. لم يكن هناك في البداية إلا قلة من الشركات الكبيرة تستطيع أن توفر العتاد المكلّف والبرمجيات الخاصة الغالية السعر المطلوبة للتحليل المُكَمْتَر للبيانات البيولوجية. لكن، مع انخفاض السعر في الثمانينات وتوفر المنتجات الجديدة أصبح في مقدور كل معمل تقريبا أن يفيد من سرعة الكمبيوتر وقدرته. انهمكت شركات البرامج في حماس تصمم برامج جديدة للبيولوجيين، وبدأ المقاولون يقيمون شركات تجني أرباحها من بيع الخدمات البيولوجية للكمبيوتر والبيانات؛ وأخذت بنوك البيانات تُحَوِّل معلوماتها، وأنشيء منها الجديد. ثم بزغ علم جديد –المعلوماتية البيولوجية (البيومعلوماتية)– واعترف به كأداة وصل ذهنية هامة ما بين ثورة المعلومات/ الاتصالات والثورة البيولوجية. وبدأت تسهيلات جديدة تنبجس في كل مكان. وفي عام ١٩٨٩ أنشأت المكتبة الطبية القومية للولايات المتحدة مركزاً لمعلومات البيوتكنولوجيا هدفه تسريع تدفق المعرفة بين الباحثين، ومن الباحثين إلى مبدعي التطبيقات الطبية. ولقد كان من بين أبرز معالمه نظام ذكي للتوصل يسمى جين إنفو يمكّن الباحثين من وضع الأسئلة بأسلوبهم ليتلقوا الاجابةَ معلوماتٍ تَرِدُ مباشرة من قواعد البيانات. وفي عام ١٩٩٥ أُفتتح قرب كمبريدج المعهدُ الأوروبي للمعلوماتية البيولوجية كمحطة خارجية تخدم الحاجات المتزايدة للباحثين الوراثيين من المعلومات.

طبيعي أن البدء في مشروع الجينوم البشري، بهدفه الطموح لإنتاج سجلٍ للتابع الكامل للجينات بدنا الانسان، قد أعطى دفعة هائلة لهذا المد البيومعلوماتي. ومثله أيضا فَعَل ابتكار الإنترنت.

والإنترنت ببساطة هو أسرع ما ابْتُدِع من نظم الاتصال نمواً، وهناك من المتحمسين مَنْ يعتبره أعظم الابتكارات البشرية طرا. وليس أقل ما يقال عنه إدهاشا أن حكومة الولايات المتحدة هي التي بدأته أصلاً – أولاً كنوع من المستودع الفكري للبنتاجون، ثم، وبعد أن تولت أمره المؤسسة القومية للعلوم، كأداة وصل معلوماتية للبحث والتعليم. لم يخطط له في الحق أحد كي يتنامى ليصبح هذه الشبكة الكُرْضية الهائلة. ولقد قالها كاتب خبيث في "نيو ريببليك" : إن الظاهرة بأكملها تبين ما تستطيع الحكومة أن تنجزه إذا لم تهتم بالموضوع.

يمكن للكلمات أن تصف الإنترنت وأن تصف "شبكة العالم أجمع (ش ع أ)" بطريقة عامة، لكنك لا تستطيع حقا أن تكتب عن النظام بأكمله بتفاصيله أو بدقة بالغة. ذلك لسببين: أولهما أنه يحمل من المعلومات أكثر من أية مكتبة، وثانيهما أنه ينمو بأسرع مما يستطيع أحد أن يكتب ويطبع وينشر كتابا أو مقالا عنه.

تؤدي شبكة الإنترنت حاليا مهمة الطريق الالكتروني العام للعالم بأسره، فترتبط ما بين هذا الحشد المتزايد من مواقع الشبكات وقواعد المعلومات. والحق أن مصطلح " الطريق العام" ليس سوى استعارة ضعيفة لنظام معلومات له هذا العدد الهائل من الوصلات، وله من السعة ما قد تُهَمَّشُ معه الجغرافيا. لا شك أنه سيتطور، ولا شك أنْ ستُستبدل به نُظُم أكبر وأسرع ، نظم تتميز بانسجام أكثر بين أجزائها المختلفة وقُدرةٍ أوسع على نقل البيانات. لكن مداه الكُرضي الحالي وسرعته فيهما من الروعة ما يكفي. يقوم هذا النظام بعمل عشرات الملايين من العلماء والطلبة والبيروقراطيين والكتاب المأجورين والمهرجين – ثم أنه يخلّق شبكة

معلومات علمية كرضية لم يسبق لها مثيل. وعلى هذا فإن ظهور الكمبيوتر وتكنولوجيا المعلومات لا يُسَهِّل فقط عمل آحاد البحاث، وإنما يوفر أيضا - للعلم ككل - بيئة للعمل جديدة تماما - لاسيما بالنسبة لعلم الوراثة، علم المعلومات البيولوجية.

لقد تحولت البحوث الوراثية تماما بتطوير لم يتوقعه أحد على الاطلاق عندما ظهر الفتح الأصلي لواطسون وكريك. لم يكن للوراثة الحديثة أن تتطور كما تطورت دون وجود قاعدتها التكنولوجية، تماما مثلما لم يكن للأدب الحديث أن يتطور دون وجود المطبعة. والحق أن نظام المعلومات قد أصبح عقلاً فائقا لا ككل العقول، تحمل ذاكرته النتائج المجمعة لشبكة عالمية من العلماء. وفي أثناء ذلك أصبح الكمبيوتر أيضاً هو الاستعارة المفضلة لوصف الجين. لم يعد الدنا كتابا كما كان يُقال، إنما أصبح - كما وصفه م. ميتشيل والدروب، الكاتب العلمي - "نوعاً من الكمبيوتر بمقياس جزيئي". يوجه عمل الخلية وهي تبني نفسها وترمم نفسها وتتفاعل مع العالم الخارجي.

البيولوجيا تدخل عالم الإلكترونيات:

كانت أهمية تكنولوجيا الكمبيوتر في البداية تكمن في توفيرها طريقة لتخزين البيانات ونقلها؛ وهذه مهمة ذات شأن عظيم - يصعب أن نغالي في تقدير قيمتها لأن الكمبيوتر هو النظام الأوحد للمعلومات الذي صنعه الانسان ويمكنه أن يقترب من تعقيدات جزيء الدنا - لكن هذا لا يزال مجرد جزء من القصة.

ومع تحول البرمجيات لتغدو أكثر روعة، والعتاد ليصبح أقل سعرا - وبعد أن احتل المعامل وجرم الجامعات جيلٌ جديد من البيولوجيين شب على ألعاب الفيديو بالكمبيوتر المنزلي - أصبحت تكنولوجيا المعلومات جزءاً من العملية البحثية ذاتها، إذ توحدت في كمال مع عمل العلم وفكره. يقوم

الكمبيوتر بإجراء القياسات والحسابات، وباختبار النظريات، وبتحضير مواد البحث. يستعمل البعضُ من الحاسبات الألوانَ والرسومَ البيانية لمساعدة العلماء في التفكير في النشاط الوراثي - مثلما ساعد الصندوق الخشبي والدبابيس ت . هـ. مورجان، ومثلما ساعدت كومة الصفيح الجميلة واطسون وكريك.

هناك الآن كوكبة كاملة متاحة من الآلات المُؤتمَتَةِ لمساعدة الباحثين، تمتلىء المجلات العلمية بإعلاناتها الملونة الخادعة. هل تريد أن تخلّق بعض النسخ من تتابع لجين عن طريق تفاعل البوليميريز المتسلسل؟ إذن فاشتر روبو سايكلر سيستم من شركة ستراتاجين، لا ولن تدفع مبلغا إضافيا نظير حقوق استخدام هذه التقنية المسجلة براءتها: "عندما تشتري روبو سايكلر سيستم ستمنحك شركة ستراتاجين الترخيص بلا مقابل!". هل تود أن تقوم بسَلْسَلَةِ جين ما ؟ عليك بشراءِ المُسَلْسِلِ الجديد من بيركين إيلمر : "أنت لم تشهد قبلا نظاما بمثل هذه السرعة. إن جهاز ABI PRISM 377 الذي يَستخدم الكشف متعدد الألوان وتكنولوجيا للتفريد الكهربي متقدمة، هذا الجهاز يولّد البيانات أسرع أربع مرات من جهاز ABA 373 ". هل تتعقب الطفرات؟ إذن فعليك بشراء نظام D GENE من شركة بيو - راد: "الأمر لا يتطلب أية خبرة كي تصبح صائد طفرات كفءًا. كان تطبيق هذه التقنيات حتى الآن صعبا بسبب بطء الأجهزة. أما نظام D GENE فهو فتح جديد في نظم الآلات، يسمح حتى للمبتدئين بأن يستخدموا هذه الطرق الفعالة بسهولة".

هناك نوع آخر من التمثيل البيومعلوماتي يقترب من الواقع الحياتي لنا معظمنا، هواستخدام الكمبيوتر في دراسة الأمراض والتقنيات الجراحية، وفي تصور أسلوب عمل الجسم البشري. في أبريل ١٩٩٤ عُقِد في أوستن تكساس أول مؤتمر عالمي للطب الحسابي والصحة العامة والبيوتكنولوجيا. يقول الاعلان التمهيدي الأول : "تُستخدم الآن الآلات الحسابية ليس فقط

كأدوات استكشافية وإنما كأدوات للتشخيص والإنذار. ولقد كان لظهور بيئات حاسبة رفيعة المستوى أن يُخلِّصنا إلى حد كبير من مشكلة زيادة الواقع البيولوجي للنماذج الرياضية. لقد أصبح الواقع البيولوجي العلمي، لأول مرة في تاريخ الطب، في متناول صانع النماذج البيوطبي".

تخطو الصُّوَرِية والنمذجة البيوطبية بخطى سريعة في أيامنا هذه – بسرعة تتضاعف كل ١٨ شهراً كما هو الحال مع سرعة الكمبيوتر. تطوِّر الآن معاهدُ مثل المعمل القومي للطب، برامجَ جديدة لتحويل البيانات إلى صور، برامج تكاد تكون المعادل الفسيولوجي لمشروع الجينوم البشري. أنت تسمع الآن عن "مشروع الانسان المرئي" و "مشروع الجنين المرئي" و"البرنامج الرقمي لرحل التشريح". تمكِّننا هذه المشاريع من النظر داخل الجسم البشري بشكل أكثر دقة وتفاصيلا مما كان قبلا، لنخلِّق أثناء ذلك سبلاً جديدة لممارسة الطب وتدريسه.

قام مشروع الانسان المرئي (ويسمى أيضا بمشروع آدم وحواء) بالتقاط آلاف من الصور لمقاطع تشريحية دقيقة من جثتين (ذكر وأنثى) ثم حُوِّلت هذه إلى بيانات رقمية يمكن استحضارها على شاشة الكمبيوتر وفحصها من زوايا مختلفة وعلى مستويات من التفصيل مختلفة – كما لو كان الناظر سوبرمان يرى بأشعة أكس.

مثل هذه النماذج تسمح للطلبة والمدرسين أن يدرسوا أي عضو، وأن يشرِّحوه ثم يعيدوه ثانية كما كان (وهذا أمر مستحيل مع الجثة). يمكنهم أن يولجوا في الجسم وَرَماً ثم أن يرقبوه ينمو، ويلاحظوا آثار الأمراض والحوادث داخل الجسم. ثمة تقنيات مشابهة من الصُّوَرِية والنمذجة تمكِّن الجرَّاح من رؤية صورة جزء معين من جسم مريض –قُلْ مثلا حوضه المكسور أو جمجمته– ثم تمكِّنه من تصميم مقاطع من العظام للاستبدال يولِّدها له الكمبيوتر. ربما كان الجيل الجديد من "الانسان المرئي" محاكياتٍ

شبه حية يولّدها كمبيوتر فـائق، تجـري فيهـا الدمـاء، وتنقبـض العضـلات، وتتحرك العظام والأعضاء.

ثم هناك النمذجة لدراسة التطور، فالكمبيوتر أداة عظيمة لتخليـق نمـاذج تجريدية مرئية، تشخيصات إلكترونية للعالم الواقعي - كائنات كما الأحيـاء يمكن أن ننظر إليها من زوايا مختلفة، تتصـرف وتتحـرك، تتغير مـع الزمـن، تستجيب لما يحدث في بيئتهـا. ومـع تقـدم نظريـة النمذجـة وتكنولوجيتهـا، سنرى قطعا رائعة من فن الكمبيوتر وعلمـه، كتلـك الاعجوبـة الالكترونيـة "تِيِيرًا" التي صممها توماس ريي بجامعة ديلاوير لتفحص النظرية الداروينية.

وتييرًا هذه عالَم بأسره - عالَم كمبيوتر يشبه العالم الحقيقي الـذي كـان منذ ملايين السنين، تسكنه كائنات رقميـة بُرْمِجـت لتحيـا وتتكـاثر وتكـافح لإنتاج نسخ منها أكثر. في هذا العالم تنشأ تعقيدات هائلة. تنمو المخلوقـات المُبرمَجـة وتطفـر، وتقـع في أخطـاء تؤدي إلى تغير تطوري. هـي تتكـاثر وتتباين. يفقد البعض منها قدرته على التكـاثر، ثم يبقـى كطفيليـات، مثـل الفيروس يستعير تعليمات غيره ممن كانوا أكثر نجاحاً في تسلق سلم التطور.

ينشد العلماء أن يصلوا من تييرا إلى نـوع مـن تفهـم جديـد للغـز الحيـاة الجوهري: كيف تطورت النباتات والحيوانات المعقدة عـن كائنـات بسيطة تحت ميكروسكوبية، كائنات نشأت من تفاعل المواد الكيماوية في الشـواش البدائي الذي كان منذ أربعة بلايين عام.

أما تقنية الكيمياء التوفيقية (والمعروفة أيضا باسم التطور الجزيئي المُوَجَّـه، وإن كان من الممكن أن تسمى في دقـة باسـم تربيـة الجزيئـات بالانتخـاب) فهي تفعيلٌ مُمَسْرَح للشيء الواقعي، إن يكن يُقَدَّم في معمل أكـثر تقليديـة، تُستخدم فيـه جزيئـات الدنـا والرنـا بـدلاً مـن برامـج الكمبيوتـر. تسـلك الجزيئات بشكل ما سلوك الكائنات الكاملة، ثم انها لا تتطلب حيزاً كبيرا - حيز أصغر حتى من مستنبتات البكتريا. وهذا يتيح للبـاحثين العمـل علـى عشائر هائلة - فقد تتضمن التجربة عشرة ترليونات جزيء تسبح في محلول

مركز. إذا ما عُرِّضت هذه إلى ضغوط مختلفة ومنبهـات، تطـورت - زادت قابليتها للقيام بأدوار كيماوية أساسية معينة، بـل لقـد تكتسـب حـتى أدواراً جديدة. أما أكثر ما يعـاب عليهـا فهـو أن معـدل تكاثرهـا بطـيء نسـبيا - يومان أو نحو ذلك. لكن العاملين من العلماء على هـذا الجـزء مـن داروينيـة التكنولوجيا الرفيعة، يعتقدون أنهم قد يتمكنون بتكنولوجيا جديـدة مـن أن يرفعوا السرعة إلى نحو خمسين جيلاً في اليوم. يتطلب هذا البحـثُ، بـالطبع، الكمبيوتَرَ ليتتبع ترليونـات الجزيئـات. يشـكل البـاحثون فريقـا مـن الزمـلاء يعملون سويا - مـن الناحيـة الذهنيـة لا الجغرافيـة. هـم يعملـون في معـامل تفصلها آلاف الأميال، لكـن الكمبيوتـر يربـط مـا بينهـم، وبيانـاتهم تنتقـل إلكترونيا فيما بينهم.

والكيميـاء التوفيقيـة، تمامـا مثـل مجـالات البحـوث الـتي تنشـأ عـن لقـاء البيوتكنولوجيا بتكنولوجيا المعلومات (الإنفوتكنولوجيـا)، هـي علـم بحـت، وهي علم تطبيقي في آن. ينشد العلم البحت تفهمـا أدق للطريقـة الـتي بهـا حدث التطور. يفحص الباحثون في عناية وهدوء ما إذا كان هنـاك أمـل في بلوغ مأثرة أثيرة لدى كتاب الخيال العلمي، ألا وهي تخليق الحيـاة في أنبوبـة الاختبار. قال أحدهم لمراسل صحفي علمـي: "إذا تمكننـا مـن الوصـول إلى وضع تستطيع فيه الرناوات أن تُنتخب بحيث تقوم بنفسها بتضاعفها -بـدلاً مِنـا نوجـه التطـور بـأن نضيـف إنزيمـات بروتينيـة تسـاعد علـى حـدوث التضاعف- عندئذ لن يصبح الأمر تطوراً موجَّهـا، إنمـا تطـور كـافٍ نفسـه بنفسه. والبعض قد يسمى هذا حياة.

ينشد العلمُ التطبيقي منتجاتٍ صيدليةً، بيوكيماويـات هدفهـا الأمـراض، مثل تصلب الشرايين المضاعف. وهو يسهم في ثورة طبية تكشفت في سرعة حتى أن معظم الأطباء لا يدركون تماماً ما حدث.

نداء إلى الأطباء:

في أواخر عام ١٩٩٣ نقلت النيويورك تايمز خبراً مفاده أن عالَم الطب قد تعرض لوابل غير عادي من المقالات العلمية – أكثر من ١٥٠ تقريرا مختلفا عن التقدم في الوراثة الجزيئية في إحدى عشرة مجلة – وابل نَسَّقَه ولاة الأمر بالجمعيات المختصة. يقول الخبر: "بعد أن اقتنعت الجمعية الطبية الأمريكية بأن التقدم في كل من البيولوجيا الجزيئية والوارثة الجزيئية يُحَوِّل الآن نظريةَ الطب وممارسته، فإنها تهيب بأطباء الأمة جميعهم أن يولوا الأمر اهتمامهم". قال واحد من قادة المشروع عن هذا الفيض من المقالات إنه "انفجار، قمة، بيان بليغ عن أهمية هذا الموضوع بالنسبة لصحة الانسان".

كانت الجمعية تحاول أن تبلغ أعضاءها أن الاكتشافات الوراثية تُحَوِّلُ الآن كل ما هو مهم عند الأطباء والمرضى – المعارف عن أسباب المرض، عن وسائل العلاج، عن القضايا القانونية، عن القضايا الأخلاقية، عن كل شيء! تقول إحدى المقالات إنه لم يحدث منذ العصور الوسطى – عندما بدأ بعض الباحثين يتحركون حثيثا نحو اكتشاف البكتريا – لم يحدث "أن أصبح المسرح مهيئاً لتفكير جديد تماما في أسباب المرض والعجز، مثلما يحدث الآن فيما يتعلق بتفسير الجينوم البشري". وهناك آخر قد نَبَّهَ إلى أنه على الرغم من أن التغيرات المحسوسة الآن مذهلة، إلا أنها ليست سوى جزء غاية في الضآلة مما سيُتكشف". يستطرد الكاتب ليقول: "إننا في الحق قد بدأنا نرى قمة جبل الثلج".

ويظهر جبل الثلج :

سأختتم استعراض الحوادث البيولوجية/ المعلوماتية هذا بتنبؤ: في السنين العشر القادمة –السنين الأخيرة من القرن العشرين والأولى من الحادي والعشرين– سيشهد العالم ترنيمة كالشلال من الثورات في علوم وتكنولوجيا البيولوجيا.

ربما كان أول ما سيجذب الأنظار هو الشيء الذي يقلق بال الجمعية الطبية الأمريكية – الثورة في الدواء. والواقع أنّ سيكون عدد من هذه الثورات، وسيكون أثرها الجمعي هو تحول خطير في التشخيص والعلاج والمحافظة على الصحة – مع تغيرات مقابلة في أساليب الحياة الشخصية لكل فرد منا.

ستتكشف في الوقت نفسه ثورة في الزراعة لا تقل إثارة أو خطورة عن ابتكار الزراعة منذ عشرة آلاف عام. وهذه ستجلب أغذية جديدة، وطرقا جديدة لإنتاج الطعام، وصورا جديدة من الأطعمة القديمة، ومنتجات غذائية جديدة غير زراعية (كالأدوية)، وانتفاضة هائلة في التجارة الدولية، ومجموعة جديدة تماما من المداخل للتنمية الاقتصادية، ووفرة من الجدل!

وفي غضون ذلك ستقوم ثورة بيو- صناعية تغير الكثير من أنواع التصنيع وتقدم مصادر جديدة للطاقة وللمواد الخام الكيماوية – وستخلّق في نفس الوقت صناعات جديدة تماما وتقضي على بعض الصناعات الحالية. وعلى طول الطريق ستُبنى ثروات، وتضيع لا شك ثروات شركات وأناس لم ينتبهوا إلى ما يصدر عن المعامل من أنباء. والأهم أن هذه الثورات لن تحدث ثم تنتهي، بل ستكون ثورات مستمرة، تعتمد على نفسها وتنمو.

قد يبدو كل هذا حابساً للأنفاس، لكن التنبؤ ليس بخاصة محفوفا بالمخاطر. فإذا كان ثمة من شيء، فإن هذا التنبؤ محافظ، بل إنه لا يكاد يكون تنبؤاً لأن كلا من الثورات التي ذكرتها فيما سبق تمضي الآن قُدُماً، ويمكن لأي عالم متمكن في الفروع المختلفة التي نسميها البيوتكنولوجيا أن يخبرك أن الفتوحات تتم الآن بمعدل مذهل. على أن معظم العلماء الأكفاء هم أيضا متخصصون. هم إذن يعرفون ما يجري في ميدانهم، لكن القلة منهم فقط يمكنهم أن يجمعوا الأجزاء جميعاً في كلٍّ كامل – وهذا الكتاب يهدف إلى تجميع الأجزاء.

بعض هذه الأجزاء يتعلق بما نسميه البيوتكنولوجيا. والبيوتكنولوجيا معلومات. ويلزم أن يكون هذا واضحاً تماما، وهناك من لا يفهمون هذا كما يجب، مثل الباحثين عن حق التملك الكامل لقطعة من البيوتكنولوجيا أو أكثر، ومثل من يحلمون بالقضاء على هذه التكنولوجيا قضاء مبرماً.

والبعض الآخر من هذه الأجزاء يتصل بالإيكولوجيا وبدراسة المحيط الحيوي - لأن لتكنولوجيا المعلومات أثراً ضخماً على طريقة تفكيرنا في الحياة على الأرض. هي لا تغير فقط من عمل العلماء، إنما تغير أيضاً كل ما نتحدث عنه ويقلقنا. لقد احتلت المعلومات الإيكولوجية موقعا مركزيا في السياسة، وهي قوة رئيسية في تشكيل مجتمع كُرْضي جديد.

وهذا المجتمع الكرضي الجديد هو مجتمع بيومعلومات صَنَعَهُ تجميع مثل هذه الأجزاء- التقاء العلوم والتكنولوجيات بما فيها البيوتكنولوجيا، وعلوم الأراضي، والإيكولوجيا، وتكنولوجيا المعلومات/ الاتصالات.

في الفصول التالية ستتفحص الأجزاء المختلفة لهذا التقارب، لتتحرك ما بين الكرة الأرضية والجين، ما بين الماكرو والميكرو، ونتوقف بينهما في بضع محطات. دعنا نبدأ بمستوى الميكرو - بالبيوتكنولوجيا، تلك الموجة المزعجة من النشاط التي نَمَتْ في سرعة غريبة عن البحوث الوراثية لتبدأ الآن في كشف قدراتها على تغيير العالم.

الفصل الثاني
البيوإلكترونيات الدقيقة:
حَشْدٌ من الثوار

إننا نحيا الآن المراحل الأولى من الثورة البيولوجية، وإن كان ادراكنا هذه الحقيقة لا يزال مبهما - ثورة القرن العشرين التي سيكون أثرها في حياة البشر أبعد بكثير من أثر الثورة الميكانيكية العظيمة للقرن التاسع عشر، أو الثورة التكنولوجية التي نمر بها الآن.

- جوردن راتراي تايلور.

أشهد الكثير من المؤتمرات عن قضايا البيوتكنولوجيا. ثمة ملمح يتكرر فيها جميعا - صَدِّقني - وهو أن يقوم شخص يعمل بشركة للبيوتكنولوجيا ويتخذ مكانا على المنصة، ثم يبدأ قائلا إن البيوتكنولوجيا ليست في الواقع جديدة على الاطلاق. أمَا ترون أن الناس قد بدأوها من آلاف السنين؟ هناك بعيدا بعيدا في الأزمنة القديمة كانوا يستخدمون البكتريا في صناعة الزبادي والجبن وفي تخمير البيرة.

وهذا صحيح حرفيا وإن شابته مسحه من خداع. صحيح أن التخمر يقع داخل التعريف القياسي للبيوتكنولوجيا، وصحيح أن الناس كانوا يستخدمون البكتريا استخداما فعالاً قبل فجر التاريخ - على الرغم من أنهم لم يعرفوا حقا بوجود البكتريا إلا في منتصف القرن التاسع عشر.

لكن المقارنة توحي بأن شيئا لم يتغير، وهذا تَجَلٍّ خطير لمتلازمة "إننا لا نلاحظ". لقد تغير شيء في غاية الأهمية. إن التخمر وأنت تعلم أنك تستخدم البكتريا يختلف عن التخمر عندما تصنع شيئا من مادة خام في وعاء ثم يجرى له أمر غريب. ثم إن التخمر عندما تعرف الشفرةالوراثية للبكتريا هو الآخر شيء مختلف. أما التخمر عندما تكون عمليا قد صنعتَ البكتريا - واستخدمْتها في إنتاج دفعة من هرمون النمو الآدمي - فهذا حقا شيء مختلف جدا.

يستخدم الناس البكتريا الآن (وغيرها من الكائنات الدقيقة، ونباتات أخرى وحيوانات) بطرق جديدة تماما. ولقد نشأت هذه الاستخدامات الحديثة عن قاعدة تتنامى من المعارف الوراثية. وهذا الانفجار المعلوماتي في حد ذاته هو واحد من أكثر التحولات الثورية التي حدثت على ظهر كوكبنا سرعةً وروعة - ونخطيء إذا اعتبرناه شيئا أقل من ذلك. والواقع أنه ليس ثورة بيولوجية واحدة. إنه عدد من الثورات يحدث في آن واحد.

الثورة البيولوجية : ماذا تكون وماذا لا تكون

لم تحدث الثورة البيولوجية قبلا - وأعني بهذه الثورة تلك الصور المختلفة من البيوتكنولوجيا المرتكزة على علم الوراثة الحديث وعلى اللقاء البيومعلوماتي. **إنها تشبه** ثورات أخرى وقعت قبلا - الثورة الصناعية ، وابتكار الزراعة، و(نعم يا سيدي) اكتشاف التخمر - لكنها حقا **فريدة في نوعها** وتفتح فصلا جديداً في التاريخ البشري.

لكن هذا لم يتضح حقا حتى الآن. يجد الناس صعوبةً في تفهم ما يجرى الآن تشكيلُه، والكثير مما يجري الآن من مناقشات حول البيوتكنولوجيا هو مجرد محاولات لتعريفها عن طريق مقارنتها بأشياء أخرى. يتم الحوار جزئيا بلغة العلم، لكنه يمضي أيضا باستعارات لِتَصَوُّرِ ما يشبهه هذا العلم الجديد.

تلجأ إلى الاستعارات عموماً لفائدتها في تفخيم جدول الأعمال السياسي للمتحدث.

أما من رفعوا السلاح في وجه البيوتكنولوجيا فيحبون أن يقارنوها بالكيماويات العضوية الخطيرة - مبيدات الأعشاب ومبيدات الآفات التي عنها كتبت راشيل كارسون - وبالطاقة النووية التي وعدتنا بالطاقة النظيفة ثم أهدتنا شرنوبيل. هم يزكون اصدار تشريعات صارمة تحد من استخدامات البيوتكنولوجيا أو تنظيم الأمر بحيث تختفي تماما - وذلك أفضل جدا. أما التشبيه الأثير لديهم فهو إعادة الجِنّيِّ ثانيةً إلى القمقم.

وأما أهل الصناعة فيفضلون مقارنة البيوتكنولوجيا بالصناعات الأخرى - كصناعة السيارات والإلكترونيات - التي تمتعت فيها أمريكا بميزة تنافسية مبكرة لم تَعُدْ لها الآن. وجدول أعمالهم المفضل هو بالطبع تهيئة مناخ حميم تزدهر فيه الصناعة وتحتفظ فيه أمريكا بوضعها القيادي بين الدول الأجنبية المنافسة. من السهل جدا أن يُعَادل العلم بالصناعة، لاسيما في الولايات المتحدة السعيدة بصناعاتها. بل وستجد أن كارهي البيوتكنولوجيا يميلون أحيانا إلى هذا لأنه يعني أن كل الهدف من البيوتكنولوجيا هو كسب المال. لكن هذا ليس حقا هو السبيل إلى تفهم ما يجري. صحيح أن هناك من يحاول أن يثرى من وراء البيوتكنولوجيا، وهناك أيضا من يحاول أن يثرى من وراء الدين - وقد يكون حظه من النجاح أكبر - لكن لا يمكن في أي من الحالتين أن تُختزل الظاهرة الكبرى ببساطة إلى الاستثمار الاقتصادي .

مفيدة فعلا تلك المقارنات والاستعارات التي استُخدمت في الجدل العام حول البيوتكنولوجيا، لكنَّ لها حدودها. فإذا كان لنا أن نفهم الثورة البيولوجية وأن ننخرط في جدل خصب حول ماهيتها ومغزاها بالنسبة لحياتنا، فسنصل إلى تعريف أفضل - إلى أطار أرحب وأكثر ملاءمة. وإذا لم

نفعل، فالأغلب أن نهدر الكثير من الوقت والطاقة فيما يسميه رجال الادارة "مشكلة المشكلة الخطأ".

البيوتكنولوجيا معلومات من صنف خاص وممتع جدا – معلومات بشرية (منطوقة، مكتوبة، مطبوعة، دُفِعَ بها إلى الكمبيوتر) حول معلومات وراثية. هذه معلومات أتاحها تحول تطوري، لقاء البيولوجيا بتكنولوجيا جديدة للمعلومات / الاتصالات. لم تكن هذه ببساطة موجودةً في عالمنا حتى عهد قريب. ومع تطور هذه المعلومات ينتج تفهم جديد -تبصرات جديدة في مواضيع كمثل: كيف يعمل التطور، كيف تورث الصفات، ماذا يحدث عندما يهاجم الفيروس الجسم- وتطبيقات جديدة أيضا. يتعلم الناس كيف يقومون بأشياء كانت مستحيلة قبلا، وأن ينفذوا أشياء قديمة بطرق جديدة.

الأدوية الجديدة :

يستطيع بعضهم – ممن يمتهنون الطب – أن يشخّصوا بعض الأمراض بصورة أسرع وبدقة أكبر. وعلى الرغم من أن التشخيص قد يكون أقل استخدامات البيوتكنولوجيا شهرة، إلا أنه هو المجال الذي كان له أكبر أثر فوري. من بين أسباب ذلك أن عدة التشخيص تمر عبر الموافقات الفيدرالية بالولايات المتحدة بصورة أسرع بكثير من الأدوية ومن تقنيات العلاج.

من بين البيوتكنولوجيات الأقل شهرة هناك استخدام الأجسام المضادة النقية – فهذه لم تحظ من الانتباه إلا بأقل القليل مقارنةً بالدنا المطعوم، وإن كانت أوفر منه انتاجا في السنين المبكرة من عصر المعلومات البيولوجية. والأجسام المضادة بروتينات يصنعها الجسم للدفاع عن نفسه. هي تتحرك لمواجهة أي جزيء غريب (أنتيجين) وتتشابك معه حتى تقضي عليه. أما الشيء العجيب عن الجسم المضاد فهو نوعيته. إنه مكيف بالضبط لملاقاة عدوه. فالجسم المضاد لأحد فيروسات الانفلونزا ليست له أدنى فعالية ضد أي فيروس آخر. وكما قال كتاب مرجعي: "إن الأمر يبدو كما لو كنا

نحمل داخل أجسامنا جيشا عرمرماً نائما، مؤلفاً من ١٨ بليـون جنـدي، لا تستيقظ أية كتيبة منه إلا عند اقتراب عدو يرتـدي بـزة عسـكرية ذات لـون معين"!.

حُدِّد التركيب الأساسي للأجسام المضادة عام ١٩٥٩. كان الواضح أنَّ لها استخدامات عديدة متوقعة في البحـث العلمـي والعـلاج، لكنهـا كـانت غالية السعر بشكل فظيع، كما كان من الصعب توفيرهـا بالمقـادير المفيـدة. وفي عـام ١٩٥٧ اكتشـف فريـق مـن بـاحثين في انجلـترا (سيزار ميلشـتاين وجورج كوهلر) طريقة لانتاجها بالجملة وذلك عن طريق دمج خلية جسم مضـاد في خليـة سـرطانية – لتنتـج خليةهجينـة (تسـمى هيبريدومـة) لهـا خصائصهما معا: تُنتِجُ الجسمَ المضاد وتكاثر نفسَـها إلى مـالا نهايـة. أهمـل ميلشتاين وكوهلر – عن تفكير – تسجيل براءة اكتشافهما، فبزغ فعـلا مـا بين يوم وليلة علم جديد وتكنولوجيا جديدة وصناعة جديدة. تظهر في كل عام عشرات الآلاف مـن خطـوط هيبريدومـات جديـدة، وفي عـام ١٩٨٤ أنشيء "بنك بيانات الهيبريدومات" كمصدر مركزي للمعلومات عنها.

ولأن الأجسام المضادة نوعيـة، فإنهـا تصلـح في مجـال للتشـخيص. ولمـا كانت عُدَد التشخيص تُستخدم للاختبار "في الأنبوب" (في المعمل الطبي) لا داخل جســم الانسـان، فإنهـا لا تحتـاج إلى المـرور في الاجـراءات الصارمـة لاختبـارات الأمـان. يكفـي أن يبيِّـن المصنِّـع أنهـا تعمـــل. وعلـى أواســط الثمانينات كـان قيـد الاستعمال فعـلا عُـدد لتشـخيص الأمـراض التناسـلية البشرية، والالتهاب الكبدي ب، وغيرها مـن الأمـراض الفيروسـية، وطفـق المراقبون يتحدثون عـن "ثـورة" في التشـخيص. هـذه هـي المـرة الأولى الـتي أستخدم فيهـا كلمـة "ثـورة" (وسأستخدمها مـراراً) فيمـا يتعلـق بـأثر البيوتكنولوجيات المختلفة في المجـالات المختلفـة. ولقـد نتـج عـن تطويـرات حديثة، في هذا المجال نفسه، عُدد تشخيص للاسـتعمال المنزلي. هـذه ثـورة

أخرى سنناقشها في فصل تال، لأنها تتعلق "بالعناية بالذات" مثلما تتعلق بالصور القياسية للممارسة الطبية.

يمكّننا لقاء البيولوجيا والمعلومات من شيء كان من المستحيل قبلا أن ينجزه خبراء التشخيص – أن يخبروك بالمرض الذي سيصيبك أو سيصيب طفلك قبل أن يولد. إن القدرة التنبؤية للفرز الوراثي في الوقت الحالي مقصورة على مجال ضيق جدا من المشاكل. هذه واحدة من أكثر مجالات البيوتكنولوجيا حساسية للأخلاقيات، لأنها تعني أن التشخيص يسبق العلاج بمراحل: يستطيع العلم الطبي أن يحدد بدقة –عالية في الغالب– جيناتِ أمراضٍ ليس من يعرف لها علاج.

تمكن العلماء باستخدام تكنولوجيا الدنا المطعوم – وقد تكون هذه هي أشهر البيوتكنولوجيات – من تصنيع بروتينات للاستعمال الطبي، وذلك بإيلاج جينات بشرية داخل البكتريا. استُعملت هذه الطريقة في البداية لتصنيع بروتينات (كالانسولين الآدمي أو هرمون النمو) تكاد تطابق تلك التي ينتجها جسم الانسان. أما المرحلة الثانية، التي بدأت فعلا، فهي "هندسة البروتينات"، وفيها يقوم الوراثيون بتحوير البروتينات حتى تصبح أكثر فعالية – أو حتى بتخليق بروتينات ليس لها في الوجود نظير.

عندما قمت بزيارة اليابان عام ١٩٨٧ لإجراء مسح عن تقدمها في البيوتكنولوجيا، وجدت معهدا هائلا جديدا لبحوث هندسة البروتينات، ساهمتْ في تمويله ببلايين الينات: الصناعاتُ والحكومة الوطنية. كان الهدف منه إجراء البحوث الأساسية على التركيب البالغ التعقيد للبروتينات – البحوث الأساسية التي ستقيم بنوك المعلومات للأجيال القادمة من مهندسي البروتين.

والبروتينات – في نهاية الأمر – هي أساس كل ما يشكل الكائنات الحية وأساس كل ما تفعله. هي التي تبني شعرنا وجلدنا وعظامنا – وهي أيضا

التي تبني الأغذية والألياف التي نحصدها من النباتات والحيوانات المستأنسة. وهي الهرمونات التي تنظم دوافعنا الجنسية، والإنزيمات التي تهضم طعامنا، والأجسام المضادة التي تقاوم بها الأمراض.

يُخلّق البروتين داخل الخلايا، تحت توجيه الجينات، ومن الممكن تحوير هذه التوجيهات. وتكنولوجيا تغيير التوجيهات -أي هندسة البروتين- هي مصدر واعد جدا لعلاج الكثير من الأمراض، وهي الابن الشرعي للقاء البيولوجيا والمعلوماتية. ثمة تقرير نُشر بجريدة يومية يصفها في ذكاء بأنها "تهجين ما بين تشذيب الجينات ونَمْذَجَة الكمبيوتر".

الأمر يتطلب وقفة هنا لنقول إننا نتحدث عن طريقة مختلفة جديدة لانتاج العقاقير العلاجية. تَطَور علم العقاقير في الماضي على مراحل. في البداية، استخدام الناس ما يجدونه أمامهم في الطبيعة، مثل النباتات الطبية. ثم بدأوا بعد ذلك يزرعون ويحصدون البعض من هذه النباتات. ثم تعلم العلماء، مؤخراً جداً في الحقيقة، كيف يركّبون المقومات الفعالة. أما في الوقت الحالي فيُكتشف الكثير من العقاقير الجديدة إذ يقوم التقنيون في حمية بفرز واختبار الآلاف بل والملايين من المواد. وهذه في حد ذاتها تكنولوجيا بيومعلوماتية يتزايد صقلها: هناك شركة في وادي سليكون قد طورت عملية يمكن بها للباحثين أن يركّبوا مركّبات مختلفة على رقائق سليكون وكرات ميكروسكوبية الدقة، ثم أن يختبروا إمكانياتها الطبية. وهناك على مقربة منها شركة أخرى، شركة شامان للعقاقير، تبعث بباحثيها يجوبون العالم، حتى القرى والأدغال، لدراسة الممارسات المحلية للمداواة، بحثا عن النباتات الاستوائية المفيدة طبيا، لتُفرز مركباتها وتُدْرس في معامل الشركة بأحدث التكنولوجيات: مزج جديد للقديم مع الحديث، صورة أخرى من الشبكة الكرضية البيومعلوماتية.

تمضي هندسة البروتين الآن في مضمار تطورها: يُنتِج الجيل الأول من هندسة البروتين تغيراتٍ طفيفةً في البروتينات الموجودة. أُنتجت صورة محورة من الصبتيليزين (وهذا بروتين بكتيري يستخدم في المنظِّفات) تبقى لا تضيع في وجود مواد التقصير؛ أُنتجت صور أكثر فعالية من أدوية مثل بيتا إنترفيرون؛ أُنتجت إنزيمات صناعية تعمل بشكل أفضل تحت درجات الحرارة العالية. وقد يستغل الجيل الثاني من "البروتينات التفصيل" في علاج السرطان، وفي معالجة الماء، وفي صناعة بلاستيكات جديدة ومنسوجات ومواد صناعية. أما الجيل الثالث فقد لا يأتي وقد يكون على وشك الظهور - حسب تقديرك للأمور - إنه النانوتكنولوجيا: كمبيوترات بروتينية بالغة الدقة، ماكينات بروتينية تحت ميكروسكوبية يمكنها أن تبحر في تيار الدم لمقاومة مرض أو اصلاح عطب بالجسم. ونحن الآن في مكان ما بالجيل الأول - وربما كنا نتحرك نحو الجيل الثاني. لكن المؤكد أن هندسة البروتين قد بدأت، وأنها بلا جدال ثورة في الطب.

في نفس الوقت، هناك ثورة أخرى في الطب قد بدأت - العلاج بالجينات. قد يكون العلاج بالجينات هو أوضح سبيل لاستخدام المعلومات الوراثية. عرف العلماء منذ فترة أن الكثير من الأمراض الخطيرة ينتج عن جين واحد معطوب. هناك قائمة يزيد عددها على المائتين من مثل هذه الأمراض، منها الحَثَلُ العضلي، وأنيميا الخلايا المنجلية، والتليف الكيسي، والهيموفيليا، وعدد من أمراض الوهن الوراثي للجهاز المناعي تشبه الإيدز. وربما كان من أسوئها مرض نقص المناعة المشترك الحاد الذي يعرف باسم "مرض طفل الفقاعة"، فهذا المرض يؤدي إلى جهاز مناعي مشوه حتى ليلزم أن يحيا المصاب به في بيئة محمية - كالفقاعة البلاستيكية التي عاش بداخلها صبي لمدة اثنى عشر عاما حتى مات في النهاية بسبب عدوى أصابته عند محاولة ازدراع نخاع بعظامه.

والآن، يبدو من المنطقي جدا أن نقول إنه إذا ما كانت الجينات هي السبب في مشكلة، فقد يكون الحل جينات أخرى - سيكون العلاج الأفضل هو إدخال بعض الدنا السليم في الجسم بحيث يبدأ الجزء غير العامل - أيا كان - في العمل على الوجه الصحيح. ورغم ذلك فقد ظلت الغالبية العظمى من العلماء لسنين طويلة يعتبرون فكرة العلاج بالجينات فكرة مستحيلة. ولا شك أنْ قد كان للعلاج بالجينات - عاجلا أو آجلا - أن يتجاوز هذه الشكوك ويصبح جزءاً من الطب السائد. ولقد حدث ذلك بأسرع من المتوقع، إذ جُرِّبَ بالفعل في أوائل التسعينات على يدي رجل عنيد غاية في العناد اسمه الدكتور فرينش آندرسون.

كان فرينش آندرسون، وهو الآن بكلية الطب جامعة جنوب كاليفورنيا، شخصا ورث على ما يبدو مجموعة رائعة من الجينات - هكذا وصفته مقالة ظهرت بإحدى المجلات منذ بضع سنوات. شب وترعرع في تولسا أوكلاهوما حيث تمكن من القراءة والكتابة والحساب قبل أن يدخل الحضانة، وعندما بلغ الثامنة كان يدْرس الكتب الجامعية. وعلى الرغم من أنه كان متعتعا يتهته، إلا أنه تخطى هذه العقبة بتصميم لا يلين - أبداه أيضا فيما بعد في حياته المهنية - ليصبح نجما في فريق المناظرات بالمدرسة الثانوية. ولقد أبدى تميزا أيضا في الألعاب الرياضية، وحظي بمنحة دراسية في هارفارد، كما طرأت له وهو طالب بالكلية الفكرة الأصلية لعلاج الأمراض الوراثية. في نقاش له مع محاضر زائر كان يتحدث عن جزيء الهيموجلوبين (الذي ينقل الأكسجين في مجرى الدم) وصورته المنحلية التي تسبب نوعاً من الأنيميا الحادة، اقترح آندرسون إمكانية علاج هذا المرض بتحوير جين الهيموجلوبين، فرفض الفكرة بازدراء، لكنه سمع كلمة طيبة من أستاذ آخر شجعه على ألا يهجر الفكرة وأن يفكر فيما إذا كان من الممكن أن تنفَّذ عمليا.

بعد أن أنهى آندرسون دراسته بكلية الطب جامعة هارفارد،عمل باحثا بالمعاهد القومية للصحة (م ق ص) بواشنطون دي سي، وهناك طوَّر في بطء أول تجارب العلاج بالجينات. قدم اقتراحه للعلاج البشري إلى اللجنة الاستشارية للدنا المُطَعَّم التابعة لـ "م ق ص " فرفضته. وأخيرا، وفي عام ١٩٨٩ ، وافقت اللجنة على إجراء أول بحث. لم يكن هذا محاولة لعلاج مرض، وإنما كان تجربة على مريض متطوع في أيامه الأخيرة، لبحث ما إذا كان من الممكن أن يُستخدم أحد الفيروسات الارتجاعية (المصنوعة من الرنا لا الدنا) لنقل جينات واسمة إلى داخل جسم الانسان، ثم أن يُعَبَّر عنها (نعني أن تُوَجَّه خلية لصناعة بروتين). ولقد وَجَد حتى هذا الإختبار مَنْ يعارضه باللجنة. ثم أُجِّل الاختبار ثانية بسبب قضية رفعتها مؤسسة جيريمي ريفكين للاتجاهات الاقتصادية. نجح الاختبار على أية حال، وفي يوم ١٤ سبتمبر ١٩٩٠ أجرى آندرسون وزملاؤه أول تجربة حقيقية للعلاج بالجينات.

كانت المريضة طفلة تبلغ من العمر خمس سنوات، تعاني من عجز وراثي عن صناعة إنزيم اسمه أدينوزين دِيأمينيز أو "أدا". يقوم الجسم في غياب أدا بتجميع مادة كيماوية تقتل خلايا "ت"، وهذه خلايا أساسية للجهاز المناعي. كان جسم الطفلة لا يستطيع الدفاع عن نفسه ضد أي مرض: الزكام مرض خطير، أما جدري البقر فقد يكون قاتلا. ومنذ أن اكتشف والداها طبيعة مرضها أنفقت الطفلة معظم حياتها في معزل، ووفَّرا لها أفضل العلاجات المتاحة – كانت تحقن كل أسبوع بصورة من أدا مأخوذٍ من الأبقار – لكن هذا لم يُشْفِ جهازها المناعي.

لو أنك حضرت الواقعة التاريخية لإجراء أول "عملية " وراثية، لما رأيت سوى عملية نقل دم بسيطة. لكنها لم تكن أبدا بسيطة، لقد كانت ذروة إجراء غاية في التعقيد تم تطويره عبر سنين العمل المعملي واختبارٍ لمكوناته المختلفة. قبل العملية بعشرة أيام أخذ العلماء بعضا من دم الطفلة، وفصلوا منه كرات الدم البيضاء، ثم أعادوا إلى جسمها ثانية الكراتِ الحمراءَ

والبلازما. وفي معمل قريب حقنوا الكرات البيضاء هذه بصورة مُحَوَّرَة من فيروس لوكيميا الفأر. كان المطلوب أن يعمل الفيروس كناقل - حصان طروادة لإدخال الجينات الجديدة إلى جسد الطفلة. هذا ما تقوم به الفيروسات وهذا ما يجعلها خطرة: هي تهاجم كروموزومات خلايا العائل وتدفع الخلايا إلى إنتاج فيروسات أكثر. كان قد تم تجريد الفيروس من إمكانية تنفيذ جدول أعماله، وكان يحمل بديلاً عنه جينَ أدا البشري. وبعد عشرة أيام من تنمية كرات الدم البيضاء المعالَجَة وراثيا أُعيدت إلى جسم الطفلة بعملية نقل دمٍ أخرى - وكانت هذه هي أول "عملية" علاج بالجينات.

في السنة التالية قام آندرسون وزملاؤه بعلاج فتاة أخرى تعاني من نقص أدا. وفي مايو ١٩٩٣ ظهرت الفتاتان في مؤتمر صحفي تبدو عليهما الصحة والسعادة. لقد أكدت العمليتان أن العلاج بالجينات ممكن بعد أن كان يعتبر أمراً مستحيلا.

والعلاج بالجينات ليس مجرد علاج لضحايا المائتي مرض أو نحوها من أمراض الجين الواحد - وإن كان في هذا وحده ما يكفي. وهو يَعِدُ بأن يصبح وسيلة مألوفة للعلاج، ليس فقط للأمراض الوراثية كالتليف الكيسي، وإنما أيضا لأمراض أخرى مثل بعض أنواع السرطان. في أواخر عام ١٩٩٤ أجرى فريق في ماساتشوستس أول "عملية مجازة" وراثية - وذلك بحقن جيناتٍ في عضلات ساق رجلٍ كان يواجه احتمال بترها بسبب انسداد في أحد الشرايين. حُقِن إذن جين يُشَفِّر لانتاج مادة تسمى "عامل نمو بطانة الأوعية الدموية" (ع ن ب أ د)، وهذا يشجع تبرعم أوعية جديدة من الشريان. تستخدم بعض الأورام هذه المادة في تنمية أوعية دموية جديدة لتوفر لنفسها الغذاء، كما تستخدمه الأجنة في بناء الأوعية الدموية؛ لو أثبت هذا النوع من العلاج نجاحا، فسيكون هو الآخر ثورة جديدة - هذه المرة في علاج أمراض الأوعية الدموية.

سيأخذ العلاج بالجينات بلا شك مجراه الطبيعي من الأجيال ومن التهذيب. ثمة تقدم مرجح يأتي عن التحول: من العلاج "في الأنبوب" الذي تؤخذ فيه الخلايا من الجسم ثم تُعامل وراثيا لتُعاد ثانية، إلى علاجٍ "في الحي" نوعيٍّ النسيج، تولج فيه الجينات السليمة مباشرة إلى خلايا المريض؛ ومن العلاجات التي يلزم أن تُكرر إلى علاجات توفر الشفاء على مدى العمر. أما التحول الأكبر، الذي يثير الآن بالفعل الكثير من الجدل السياسي والعلمي، فسيكون هو الوثبة من العلاجِ الجسدي – حيث التأثيرات لا تورث – إلى علاج الخط الجرثومي، الذي تحور فيه الجينات بالخلايا التناسلية.

ثمة طريقة تسمى "تكنولوجيا التعطيل" تمنح مدخلاً آخر إلى العلاج بالجينات، واسمها لا شك سيسعد كارهي البيوتكنولوجيا – وهذه طريقة لإيقاف عمل الجين فلا ينفذ المهمة التي يقوم بها طبيعيا؛ الطريقة بشكل ما عكس التطعيم الجيني. وهذا المدخل معروف جيدا في الأغذية النباتية: فإيقاف عمل الجين الذي يُنتِج عاملَ الإنضاج في نبات الطماطم يتسبب في إطالة عمر الثمار على الرف معروضة للبيع – وربما أيضا ثمار فواكه وخضروات أخرى. لكن قد تجوز نفس الخدعة أيضا على خلية منحلية تنتج بروتينا مدمراً في جسم الانسان. فكل الأمراض هي في أساسها أنشطة لجزيئات بروتين خبيث، يقاومها الجسم بإنتاج أجسام مضادة ترتبط بها وتمنعها من العمل. يقوم الطب عادة، لمهاجمة المرض، باستخدام عقاقير تؤدي تقريبا نفس فعل الأجسام المضادة، لكن هذه العقاقير قد تهاجم أيضا بروتينات أخرى لتسبب آثارا جانبية غير مرغوبة. ينهمك الكثير من الباحثين الآن في محاولةٍ لتصميم جزيئاتِ تعطيل قد تصبح هي الأسلحة الصحيحة ضد أمراض مثل ملاريا الهربس الفيروسي، أو قد تستعمل كعلاج لإيقاف انتشار الخلايا المسببة لتصلب الشرايين على الجدران الداخلية للأوعية الدموية، وفي عملهم هذا يراقب الباحثون آخر الأنباء على جبهة

الجينوم البشري، لأن بياناتها تعتبر مصدراً رئيسياً يجعل لتكنولوجيا التعطيل معنى.

في نفس هذا الوقت يقول رجال علم المناعة إننا على وشك أن نرى الكثير من الفاكسينات الجديدة: ليس فقط فاكسينات ضد أمراض لم يسبق أن كان ثمة تحصين ضدها، وإنما أيضا طرق جديدة لإدخال الفاكسينات إلى الجسم – كالحبوب ورشاشة الأنف بل وحتى الفاكهة المهندسة بيولوجيا.

ليس بين كل ما ذكرتُهُ من التطورات الطبية موضوعٌ واحد لم يوصف بأنه ثوري. ستتطور كل واحدة من هذه الثورات، ثم إن البعض منها – بطرق مختلفة لا يمكن التنبؤ بها – سيلتقي مع تكنولوجيات أخرى مثل الجراحة بالليزر – فإذا ما اهتزت الأرض من تحت الكثير من مجالات الممارسة الطبية – من التشخيص وحتى الجراحة – فلابد أن يبلغ بنا التحفظ مبلغ الحماقة قبل أن نقول إنَّ لا شيء كثيرا يجري!

وراثة السلوك:

ثم هناك وراثة السلوك وما تقوله من أن سلوكيات الانسان تحددها الوراثة.منذ بضعة عقود كانت هذه الوراثة تحظى بسمعة غاية في السوء عندما انقلب الناس ضد العنصرية، والجنسانية، والعلم الرديء القبيح لدى أوائل المتحمسين. أما الآن فنقرأ كل يوم في الأخبار تقارير عن بحوث تكشف عن عوامل وراثية: لمرض الهوس الاكتئابي، وبعض صور الشيزوفرانيا، وإدمان الكحوليات، بل وحتى الشذوذ الجنسي. هذه مادة متفجرة، لأن الجدل حول أسباب مختلف أنواع المرض العقلي والخصائص الشخصية، جدل قديم ومعقد ومرير، وهو يمس المصالح الحيوية ليس فقط للباحثين والمعالجين، وإنما أيضا للجامعات، ووكالات التمويل،والحكومات، وأولياء أمور بعض مرضى العقل – وبالطبع، مرضي العقل أنفسهم.

كانت الخطوط الرئيسية للمعركة بين مجموعتين. هناك في ناحية مَنْ يفضلون "نموذجا طبيا" للمرض العقلي يركز على الأسباب الفيزيقية (مثل شواهد اضطراب كيماوي بالمخ) ويبحثون عن علاجات فيزيقية مثل الكيماويات الفعالة نفسيا. وهناك من ناحية أخرى من يؤكد على الأسباب "النفسية الاجتماعية"، كمثل الأحداث التي وقعت في الطفولة، ويؤمنون حقا ببرامج علاجية تركز على تجديد احترام المريض لذاته ثم مساعدته في بعض الحالات لتطوير مهارات اجتماعية ووظيفية تمكنه من أن يحيا حياة طيبة نسبيا. ولقد لاحظتُ في السنين الأخيرة زملائي في حركة السيكولوجيا الانسانية وهم يتراجعون: ليس عن قيمهم وإنما عن رفضهم الكامل للتحليل الوراثي.

وهذا لا يعني أن وراثة السلوك لم تُفحص كليا أو دون نقد. وكما لاحظ في خشونة كاتبٌ بمجلة "بيو ساينس" : "إن فكرة إمكانية رد سلوك الانسان إلى الجينات لم تَفْقد تماما قدرتَها على إثارة السخط". إن ما لدينا الآن هو جدل دائم التغير وفي غاية التعقيد عن: أية جينات تلعب أي دور في أي سلوك. وهذه بالطبع ليست مجرد قضية يختص بها العلماء. إنها تتعلق بطريقة تربيتنا لأطفالنا، وبالطريقة التي يُعاقب بها مرتكبو الجرائم، وبالكيفية التي تُنفق بها الأموال العامة، وبالوسيلة التي ينظم بها الآباء عائلاتهم – وهي تؤثر بالطبع أيضا على ممارسة العلاج السيكولوجي. وهناك الآن حديث بالفعل عن العلاج الوراثي – أولاً بالنسبة لأمراض الجين الواحد المعروفة، مثل مرض هنتنجتون، ثم ربما بالنسبة للأمراض الأكثر تعقيداً مثل الهوس الاكتئابي، والألزهايمر.

الزراعة الحديثة:

يتم الآن بالمكسيك اختبار حقليّ لسلالة بطاطس مقاومة للفيروس. وفيروس البطاطس عدوٌ مدمر قديم لواحد من أهم المحاصيل الغذائية

بالمكسيك: وهو مهم للمزارعين التجاريين وأيضا لفلاحي الكفاف. وإضافة جين واحد إلى البطاطس يضفي مقاومة فعالة ضد الفيروس، وعندئـذ يمكـن للمزارع التجاري ألا يسـتخدم المبيدات الكيماويـة ضـد الحشـرات الناقلـة للفيروس، أما مزارع الكفاف – وليس بوسعه شراء الكيماويات – فسيرتفع محصوله.

كيف يمكن أن تجعل البطاطس مقاومة للفيروس؟ عن هـذا سألتُ مدير المشروع الدكتورلويس هـيرارا إستريلا، فوصـف لي الأمـر قـائلا إنـه يشـبه صورة ميكروسكوبية لتحديد النسل. باختصـار هـي أن نـولج في البطـاطس الجين المتحكـم في انتـاج بروتـين غـلاف الفـيروس (الـذي يحيـط بالدنـا الفيروسي). ينضو الفيروس عنه معطفه قبل أن يتحرك ليدخـل الكرومـوزوم بخلية البطاطس. يستطرد الدكتور هيرارا قائلا: "يصل الفيروس إذن إلى درنة البطاطس، يريد أن يجامعها، فيخلع معطفـه، ثـم تحـدث المفاجـأة! إذ تُلْبسـه الدرنة المعطفَ ثانية!".

يتقـدم البحـث الزراعـي بالمعـامل بسـرعة رهيبـة في العـالم بأسـره – في الجامعات، في شركات الكيماويات والبذور، في معاهد البحـوث الحكوميـة والأهلية. لوزارة الزراعة الأمريكية مشروعها الخاص بالجينوم: دراسة مدتها عشر سنوات على جينات النبات التي تُشَفِّر لخصائص مثل مقاومـة الجفـاف والإستغلال الفعال للمواد الغذائية. ثمة شبكة عالمية من بيولوجيي النبات قـد انهمكـت تخرْطِـن وتُسَلْسِـل الجينـوم الكـامل لنبـات زهـري هـو الخـردل (أرابيدوبْسيز ثاليانا) – ليس لهذا النبات قيمة اقتصادية لكن العلماء يعتبرونـه مرشحا جيداً لإجراء البحوث الأساسية لأن له طاقما من الدنا بسيطا نسبيا. وعلى طول الطريق اكتشف بعض أعضاء هذه المجموعـة الجـينَ الـذي يجعـل إحدى سلالات النبات تُنَمِّي بروزات صغيرة تشبه القنبيط بديلا عن الأزهار المعتادة. والمتوقـع أن يقـود هـذا الكشـف إلى سـلالات محسـنة مـن القنبيـط

التجاري (أحد أقارب الخردل)، بل وربما إلى طابور كامل من سلالات القنبيط الجديدة.

ومع نمو قاعدة بيانات البحوث على مختلف المحاصيل، تتطور تطبيقات من كل نوع وضرب: جودة أعلى، مقاومة للأمراض والآفات، قدرة أعلى على تحمل الجفاف، حياة أطول للثمار على الرف. ثم إن المقياس الزمني لتربية النبات يتسارع. في مؤتمر عن بيوتكنولوجيا النبات سمعتُ مؤخرا تنبؤا واثقا يقول: إن كل المحاصيل الرئيسية بالعالم ستتحور وراثيا بدرجة أو بأخرى على نهاية هذا القرن. وهذا يعني أنْ ستتطور خلال السنين القليلة القادمة من السلالات الجديدة ما يزيد على كل ما أنتجه المربون منذ عام ١٩٠٠ حتى الآن.

الصناعات البيولوجية الجديدة:

حدث أول التطبيقات الصناعية للبيوتكنولوجيا في مجال التصنيع الغذائي (أصبح انتاج الرينين عن الدنا المطعوم واسع الانتشار في صناعة الجبن) وفي مجال المستحضرات الصيدلية. لكن هناك صناعات أخرى – لا نحسبها "بيولوجية" – تستخدم الإنزيمات كحفازات وكمنظِّمات. والأغلب أن ستبدأ في استخدامها صناعات غير هذه كثيرة. تقول مصلحة المعلومات البيوتكنولوجية الأوروبية (في مقال بالرسالة الأخبارية عنوانه "نحو تخضير الزراعة": "الإنزيمات، على عكس الوقود الحفري، يمكن أن تجدد، وهي لا تنضب، وتستطيع بسهولة أن تنفِّذ تفاعلات كيماوية معقدة على درجة حرارة الغرفة وتحت الضغط الجوي العادي. ثم إن تحسينها ممكن عن طريق هندسة البروتينات، ومن خلال الهندسة الوراثية، هذا بالإضافة إلى أنها متاحة بسعر أرخص نسبياً".

بدأت الحياة تنبض في عدد من الصناعات البيولوجية الجديدة: المعالجة البيولوجية لتلوث البيئة، التعدين البيولوجي، المواد البيولوجية، الطاقة

البيولوجية، الإلكترونيات البيولوجية، ولن يمر وقت طويل حتى يكون لهذه الصناعات الجديدة والعمليات الصناعية أثرها الجوهري على إنتاجية البشر، وعلى التفكير الاقتصادي، وعلى رخاء الكثير من المناطق بالعالم.

قضية اختفاء الحدود:

سمع كلٌّ منا شيئا - طيبا أو كريها - عما يستطيع الناس أن يفعلوه بالبيوتكنولوجيا. يتنبأ المتفائلون بلا كلل بسيناريوهات من الأعاجيب في مستقبلنا، أما كارهو التكنولوجيا فيرسمون بنفس القوة صوراً لكوارث بشعة، ويعودون دوريا من قمم الجبال بتعليمات جديدة من الرب عما أراد ولم يرد من البشر أن يفعلوه. في نفس الوقت يفتش المستثمرون، والمتفرجون، في الجرائد عن آخر الأنباء حول البيوتكنولوجيا وعما إذا كانت ناجحة أم خاسرة حيث تهم - أي في سوق المال (البورصة).

كل هذا يتعلق بمنتجات الثورة البيولوجية. وعلى الرغم من أننا ندرك تماما أن الناس يركزون انتباههم على المنتجات الملموسة - الموجود منها في السوق أو ما يُتوقع ظهوره - فإن هذه الطريقة لا تكفي لتفهم أي ثورة علمية أو أي تكنولوجيا. وحتى عندما يصل خط بحثي إلى مرحلة إنتاج شيء يمكن منطقيا أن نطلق عليه اسم "ابتكار"، فإننا كثيرا ما نجد المبتكرين بلا فكرة واضحة عن طريقة تطبيقه في نهاية المطاف. تردد رجال معامل بيل في التقدم بطلب لتسجيل براءة الليزر لأنهم لم يتصوروا وجود أية علاقة له بالتليفونات، ليتضح أن للّيزر استخدامات لا تحَد في غير التليفونات - في الملاحة، في القياسات الدقيقة، في البحوث الكيماوية، في الجراحة (حيث قد يحيل المشرط إلى المعاش) - وهو الآن كما نعلم يُثوِّر صناعة الإلكترونيات، إذ تمسك كابلات الألياف البصرية بزمام الاتصالات حول العالم. اعتقد ماركوني مخترع الراديو أنه (أي الراديو) قد يكون مفيدا كبديل للتليفون في "البث الضيق"، مثلا كالاتصالات بين السفينة

والشاطيء. ولقد تطلب الأمر أناساً مثل دافيد سارنوف – ذلك المقاول غير المثقف، الذي ظهـر مؤخـرا – حتـى تتطـور صناعـة تقـوم الآن بدورهـا في تحويل العالم. ثمة مثال كلاسيكي يأتي عن شركة آي بي إم – حتـى عندمـا كانت تصنّع الكمبيوتر بنجاح وتبيعـه – الـتي لم تخمـن السـوق الهائلـة الـتي ستظهر في النهاية للكمبيوتر الشخصي كذلك الذي أستخدمه الآن في كتابة هذا المؤلَّف (في صورته الهجينة ككمبيوتر وآلة كاتبة).

وتمضي القائمة: تجد المعرفة طريقها حول العالم بطرق لا يمكن التنبؤ بها، تنضم تكنولوجيات جديدة إلى أخرى قديمة (أو إلى أخـرى جديـدة)، تـبزغ ابتكارات تثير دهشة حتى المبتكرين واسعي الخيـال. وسـتكرر هـذه العملية نفسها حتما المرة بعد المرة مع تحركنا نحـو عصـر البيومعلومـات. أمـا مـا لا يعرفـه معظـم النـاس فهـو أنـه لم يعـد هنـاك حـدود واضحـة حقـا بـين البيوتكنولوجيا والبيولوجيا الصريحة. فعلى سبيل المثـال، تطبـق الآن المنـاهج والمعارف البيوتكنولوجية في تحديد هوية صفات وراثية بالنبـات، ثـم تُطَـوَّر من خلال التربية "التقليديـة". إننـا نتعـامل مـع مـدى عريـض مـن معـارف جديدة، وتفهُّم جديد، وسبل جديدة للعمل، عبر كل علوم الحياة.

وعلى هذا، فعلى الرغم مـن أننـا نشـير دائمـا إلى البيوتكنولوجيـا بلفظـة "هي" – كما فعلتُ حتى الآن وكما قد يـزل قلمـي وأفعـل ثانيـة – فليـس هنالك في الحق مثل هذا الشيء الذي يمكـن لضمـير صغـير كهـذا أن يحـدده بدقة. إنَّ "هي" ليست إلا كثرة من معلومات جديدة عن معلومـات وراثية وعن الطريقة التي بها تعمل. إنَّ "هي" ليست تكنولوجيا واحدة، وإنما قائمة تتزايد من التكنولوجيات: الدنـا المطعـوم، الأجسـام المضـادة النقيـة، مسـابر الدنا، تفاعل البوليمريز المتسلسـل، هندسـة الـبروتين، تكنولوجيـا التعطيـل، زراعة الخلايا والأنسجة. تُستخدم هـذه التقنيـات، والتنويعـات عليهـا، في المعامل على طول العالم وعرضه. ومع ازدياد انتشار المعلومات تغدو الحدود أقل وضوحاً.

إن ما لدينا إذن -وما سيكون لدينا في الزمن القريب الآتي- هو تنقيح مستمر لظروف الحياة وإمكانياتها. ستُعاد كتابة قواعد اللعبة، وتُمَزَّق، ثم تعاد كتابتها مرات ومرات.

ومع بزوغ إمكانيات جديدة، يواجَه الأفراد باختيارات شخصية جديدة. وتُواجَه المجتمعات - ومنها المجتمع الكُرْضي الذي بدأ يكتشف نفسه الآن - بمشاكل جديدة في الحكم والعدالة. عادت الحياة إلى المحاورات الأخلاقية. أصبحت الأخلاقيات البيولوجية صناعة أخرى تنمو، وهناك الآن الكثيرون يتفحصون في حمية إرثنا من القيم الاجتماعية والدينية، يبحثون عن أدلة إلى أرض جديدة غير مألوفة. ليست هناك مجموعة من المذاهب تكفي تماما لهذه البيئة المتغيرة من المعلومات. علينا أن نكتشف طريقنا إليها.

وعلى طول هذا الطريق يتغير التفكير الاقتصادي هو الآخر، ففي مجتمع البيومعلومات تتحول المعلومات الوراثية ومعها النوع الجديد من المعلومات الذي نسميه البيوتكنولوجيا، لتصبح الموارد الأساسية للعالَم. تقوم المعلومات بإعادة ترتيب الهيراركية الكاملة للقيم الاقتصادية والسياسية، لأن المعلومات نوع من الموارد مختلف جذريا.

سأتوسع في هذا في فصول قادمة، لأبين أن إعادة الترتيب قد بدأت فعلا، لكن دعنا أولا ننظر إلى نوع آخر من المعلومات، وإلى صورة مختلفة لما يجري الآن بهذا العالم: الصورة الكبرى .

الفصل الثالث

البيوإلكترونيات العظمى:
شبكة العالم أجمع

كل حقيقة يمكن أن تُصاغ رقمياً، تُصاغ. كل قياس لنشاط بشري جمعي يمكن أن يُنقَل، يُنقل. كل أثر لحياة فرد يمكن أن يُحَوَّل إلى رقم ويُرسل عبر سلك، يُحوَّل ويُرسل. يصبح هذا الكوكب، وقد ربطته الأسلاك، سيلاً من كِسْرات ضئيلة تدور في قوقعةٍ صافية من ألياف زجاجية، قواعد معلومات وأجهزة إدخال.

– كيفين كيلي

أصبحت الهجرة، لا الاستقرار في مكان واحد، هي المعيار.

– ليليان تريجر

الصورة التي التُقطت لكوكب الأرض من الفضاء هي إحدى أكثر الصور الفوتوغرافية في العالم نَسْخاً. تجدها تتألق على عددٍ لا حصر له من أغلفة الكتب والملصقات والقمصان. لقد أصبحت جزءاً حيا من الوعي الجماعي، ومنحت **"النظرة العالمية"** معنى جديدا. هي تذكرنا بأننا جميعا نحيا فوق نفس الكوكب، وبأن الحضارة الكُرْضية هي أكثر من مجرد حلم لشخص مثالي.

الصورة الفوتوغرافية جزء فعال من المعلومات البصرية، هذا صحيح، لكنها في الوقت نفسه مضلِّلة؛ فهي برغم كل شيء صورة **"ساكنة"**. هي لا

تبيّن أن العالم يتغير، والتغير هو الجزء المثير حقا – الجزء الذي بدونه لا تكتمل أية نظرة عالمية.

الكرة الأرضية يعتريها الآن شيء كالطفرات، ثمة شبكة تنمو تفوق الخيال، شبكة من نُظُم جديدة للمعلومات والاتصالات – أسلاك وكابلات من الألياف البصرية تمتد وتتصل، رسائل من أبراج وأقمار صناعية تمر وترتد، أناس يشترون الملايين من أجهزة التليفون والراديو والكمبيوتر وغيرها من النُظُم الالكترونية. وهذه العملية – (السَّيْبَرةُ)، كما أسماها رونالد ميكاثيل – تغير الطريقة التي يعمل بها العالم إذ تُخلّق روابط بين النظم الايكولوجية – بجتمعات جديدة تماما، وضروبَ جديدة من المجتمعات لا تقيدها الجغرافيا. وهي تغير العلاقة ما بين جنس البشر وبين كوكب الأرض إذ توفر للناس وصلة جديدة تنقل لهم المعلومات عما يحدث بالعالم. إن في مقدورنا الآن أن نفهم – بل إنّا نُجبّر على أن نفهم – عالما ضَجراً مضطربا مبدعاً – عالما قد تغير كثيرا عما كان قبلا، ويتغير الآن بطرق خاصة بصورة لم يسبق لها مثيل.

في الوقت الذي يبزغ فيه علم وراثة جديد، هناك علم جديد آخر يظهر، علم الإيكولوجيا الكرضية. وبسبب ما قمنا به في الماضي من تقسيم للمعرفة إلى فئات مستقلة، يؤخذ هذان على أنهما تطوران مختلفان تماما – لكنهما ليسا كذلك حقا. إن الميكروبيولوجيا والماكروإيكولوجيا كليهما من علوم الحياة، وكلاهما تحوله الثورة المعلوماتية، وكلاهما يشترك في إبداع عالم جديد.

والعالم الجديد عالم متحرك، من نواحي عديدة. تتدفق الرموز من كل نوع – البيانات، نشرات الأنباء، الحفلات، الأفكار، الأزياء الثقافية – تتدفق بسرعة غير مسبوقة وحجم لم يكن له من قبل مثيل. تتحرك المعلومات، يتحرك الناس، تتحرك الحيوانات، تتحرك الكائنات الدقيقة. بل

وتتحرك النباتات؛ أصبحت حديقة المنزل العادية الآن مجموعة من نباتات دخيلة. ليلا ونهار تنزلق الأقمار الصناعية في صمت، لتلعب في حياة البشر دوراً أكبر مما يدركه مُعْظَمُنا.

أدوات جايا:

أصبحت الأقمار الصناعية هي العُمَّال العجاب في حشد المعلومات البيئي الحالي، ثم إنها تتطور أيضا – لتصبح أكثر صقلا، وأوثق ارتباطا، وأكثر أهمية لمستقبل البشرية ولكل الحياة على الأرض.

في عام ١٩٥٥ كان الرمز الذي أقره القادة "للمشروع الدولي الجيوفيزيقي" – أول مشروع منسق لدراسة كوكبنا – هو صورة لكوكب الأرض وقد طوقه قمر صناعي يدور في فلكه. كان هذا اللوجو أملاً يفوق الخيال. لم يكن ثمة قمر صناعي قد أُطلق. لكن العلماء كانوا يتوقعون أن تُطلق الأقمار عاجلا أو آجلا، وأنها ستلعب في النهاية دوراً في أبحاثهم. كيف لهم أن يتوقعوا أن يُطلق في السنين الخمس والثلاثين التالية ٢٠٠٠٠ قمر صناعي؟

عشرون ألفا! البعض منها قد عاد، بالطبع، محترقاً إلى الغلاف الجوي، والبعض الآخر قد أنهى مهمته ولا يزال هناك يهيم دون ما عمل يؤديه. لكنك ستجد في كل وقت آلافا منها تؤدي في حمية مهماتها. الكثير منها يراقب البيئة، ويتعقب العواصف حول العالم، يلاحظ صحة الكساء الأخضر، يراقب هجرات الحيوانات البرية، يسجل اتساع وتقلص الصحاري والغابات، يقيس حرارة المحيطات. وغيرها يعمل كأجزاء من نُظُم المعلومات التي تربط المعامل وقواعد المعلومات والباحثين حيثما كانوا.

لم يسبق للعالم أن خُرطِن هكذا في غير هوادة ولا وُضع هكذا قيد المراقبة. لم يسبق أن كان مثل هذا الفيض من البيانات يغمرنا ويعرِّفنا عن

صحة المحيط الحيوي. هذا جزء من الكيفية التي تتحول بها لتصبح ضربا مختلفا من البشر ولتصبح الكرة الأرضية عالما مختلفا.

كتب لويس توماس يقول: "كنت أحاول أن أتصور الأرض ضرباً من الكائنات، لكنني لم أنجح. لا أستطيع أن أتخيلها هكذا. إنها كبيرة للغاية، ومعقدة للغاية، وبها أجزاء عاملة كثيرة للغاية تفتقر إلى روابط مرئية. تأملتُ في هذا ذات ليلة كنت أقود فيها سيارتي بمنطقة بجنوب نيوإنجلند كثيرة التلال تكتنفها الأشجار. إذا لم تكن الأرض كائنا حيا، فماذا تشبه؟ ما هو أقرب شيء يمكننا أن نشبهها به؟ وتوصلتُ إلى إجابة أرضتني آنذاك. إنها أكثر ما تكون شبها بخلية مفردة".

لا يفيد حقا أن ننحي التشبيهات جانبا، لاسيما إذا كان مَنْ صَقَلَهَا مراقبا بيولوجيا في مثل قامة الدكتور توماس. غير أني أمضي أحيانا إلى جبال سيرًا لأضطجع بالليل في كيس نوم أرقب نجوم السماء، لأكتشف أن الكثير منها أقمار صناعية. أفكر في معنى العشرين ألفا من الأجهزة الصغيرة الفاتنة التي أطلقت لتبحر في صمت عبر الفضاء، وأقول إن كل ما يمكن أن يحيط نفسه بمثل هذه التكنولوجيا بحثا عن المعلومات لابد أن يكون خلية فائقة معقدة. كلا، الأرض التي نحيا عليها الآن شيء آخر، شيء ليس لدينا كلمة يمكنها أن تصنفه، شيء يجل عن كل تشبيهاتنا واستعاراتنا.

والأقمار الصناعية ليست سوى جزء من تكنولوجيا معلوماتٍ بيئية تتطور بسرعة. تعتمد إدارة الحياة البرية على أجهزة إرسال لاسلكية يحملها أي شيء، بدءاً من طير مهاجر وحتى حيوان رنّة يرعى. وهناك أيضا آلات جديدة في مثل هذه البراعة تُستَعمل في مهام مثل أخذ عينات التربة وقياس تلوث الهواء. ثمة مسحة من السخرية أن تنتهي حماية الطبيعة إلى استخدام آلات إلكترونية غاية في التعقيد. لكن هذا بالضبط هو ما يحدث.

عصر الخريطة الذكية:

ظهرت مقالة بمجلة "الأرض" تقول: إن نماذج الكمبيوتر تُثَوِّر العالم". لم تعد هذه الجملة الآن الخَبَرَ المثير، لكن المقال يتصل بوجه من أوجه ثورة النَّمْذَجَة التي كثيرا ما يُبْخَس حقها أو يساء فهمها: أهميتها المتزايدة في دراسات الكرة الأرضية. إن النمذجة بالكمبيوتر التي يقوم بها العلماء على سطح الأرض هي ما ينفخ الروح في البيانات التي تجمعها الأقمار الصناعية في أفلاكها. وربما كانت محاكاة المناخ هي أشهر منتجات هذه التكنولوجيا – أنت تراها على شاشة التلفزيون كل مساء عندما يظهر صديقك رجل الأرصاد ويحكي لك عن توقعاته للجو غدا – لكن نماذج نُظُم المحيط لا تقل عن هذا أهمية، وكذلك أيضا تلك النظم التي تحاكي الدمدمة والتدفق العميق تحت سطح الكوكب. وهذه النماذج لا تكون أبداً مضبوطة في الوصف أو في التنبؤ (كل المعلومات ناقصة – كما سنبين في الفصل التالي) لكننا نستطيع دائما أن نهذبها. إنها (كما وصفتها نفس المقالة) "موسوعات دينامية إلكترونية يمكن بسهولة أن تُحَدَّثَ مع كل كشف جديد".

افضِّل أن أعتبرها خرائط ذكية. فالخريطة – كما أشار منذ عقود ألفريد كورزيبسكي، عَالِم دلالات الألفاظ – ليست هي الأقاليم والأصقاع، ويظل هذا صحيحاً حتى لو رَسَم شخص يوماً خريطة كتلك التي وصفها يورج لويس بورجيس في خرافته العجيبة – خريطة من الضخامة والتفصيل حتى لتصبح نسخة مضبوطة للمملكة المقصودة. لكن نماذج الكمبيوتر تُمَكِّننا من أن نرى الأصقاع والأقاليم كما لم يرها أحد قبلا – أن نختلس النظر إلى عمليات الحياة بها، وأن نشهدها تتغير، وأن نتصور مستقبلها. إنها تقوم بمهمة لم يسبق أن قامت بها خريطة – هي لا توضح الموقع فقط، وإنما أيضا ماذا يجري به.

وما يحدث في هـذا المجال يشبه كثيرا مـا يحـدث في عـالم الطـب. مـن المستحيل أن تفوتنا ملاحظة التشابه بين العلم الجديد للخرطنة ونمذجة المحيط الحيوي، وعلـم خرطنة جسـم الانسـان ونمذجتـه. ثمـة طريقـة تُستخدم في الحصول على البيانات اللازمة لنماذج قشرة الأرض هي في أساسها كالمسح المقطعي – أما الفارق فهو الموجات السيزمية بدلاً من الأشعة السينية: تسافر الأمواج خلال الكوكب، فتتباين سرعتها في الرقع السـاخنة عنهـا في الرقـع الباردة من الصخر بعيدا عن سطح الأرض.

المُوَاطن من سكان الأرض:

ثمة تطور حديث جدا قد وقـع في حبكـة روايـة تطـور الانسـان، إذ بـدأ الناس ينتبهـون إلى تعـداد سـكان العـالم ومعـدل الزيـادة فيـه، ثـم بـدأوا ينزعجون. نشر الكاهن توماس مالتوس مقاله الشـهير عـن "مبـدأ السـكان" عام ١٧٩٨ ، وأصبح تزايد السكان موضوع جدل عـام ومحـدود في القـرن التاسع عشر. ومنذ ذلك التاريخ أخذ عدد السكان في الـتزايد، ومثلـه أيضـا علـم الدراسـات الاحصائيـة للسـكان (الديموغرافيـا). سـنجد الآن معـــاهد للديموغرافيـا ومجـلات وأقسـام بالجامعـات. أصبحـت الديموغرافيـــا عِلْمَنَـــا للبيومعلومات، وبلا منازع. تُنشر أعـداد السـكان في كتـب جميلـة مصـورة تحمل خرائط بيانية تبين أي الدول هي الأكثر ازدحاما بالسكان. لم يعـد في إمكان أي شركة أو وكالة عامة أن تؤدي عملها دون اسقاطات سكانية – توضع عـادة في سيناريوهات متعـددة، تراجَع بصفـة مستمرة لاضافـة مـا يستجد من معلومات. توزع المنظمات السكانية كـل أنـواع المـواد المتعلقـة بالديموغرافيا: وصلني اليوم بالبريد من منظمة سكان دولية عرض لكتيب عن الموارد المائية (باستخدام توقعات الزيادة السكانية في تقدير المتاح للفـرد مـن الماء العذب حتى عام ٢٠٥٠)، وكذا تقرير آخر رُتِّبـتْ فيـه الـدول حسـب المتاح للفـرد فيهـا مـن الأراضـي المنزرعـة. إن الدراسـات الديموغرافيـة هـي

القلب من الماكروإيكولوجيا، لأن التغيرات البعيدة المدى بالعالم ليست سوى منتجات النشاط البشري - متعمَّداً كان أو عَرَضيا.

تتحرك الديموغرافيا الآن نحو مرحلة تحول - ليس تحولا عن المثال بقدر ما هو تغير في التوكيد. لقد غدا واضحا للديموغرافيين، ولكل النشطاء السياسيين والموظفين العموميين وغيرهم من المهتمين بالمعلومات الديموغرافية، أن هناك "مشكلتين سكانيتين"، إحداهما هي مشكلة التزايد السكاني، نفس المشكلة التي شغلت الناس من أيام مالتوس وحتى أيام بول إيرليش مؤلف كتاب "القنبلة السكانية"، أما الأخرى فهي مشكلة الهجرة.

ثمة حقيقة ديموغرافية مثيرة تميز عصرنا هذا وهي أننا نعيش في غمرة أكبر هجرة جماعية في التاريخ. يتحرك الآن أناس أكثر من أي وقت مضى - سائحون، رجال أعمال، لاجئون، مهاجرون شرعيون وغير شرعيين. يتحركون داخل بلادهم، ومن قطر إلى آخر، وبأساليب عديدة محيرة - في دوائر من الريف إلى الحضر، من الريف إلى الريف، من الحضر إلى الحضر، من الحضر إلى الريف - أساليب يكاد يكون من المستحيل أن توضع في صورة خريطة ذات بعدين. يحدث في أثناء ذلك بالعالم تغير هائل لا نلحظه إلا قليلا: فالأغلب أن نجد في أي منطقة أو مجتمع أن عدد من هاجر من الناس في وقت ما من حياتهم، يفوق عدد من لم يهاجر. سمعت مؤخرا عالمة ديموغرافية تلخص هذا: "لقد أصبحت الهجرة، لا الاستقرار في مكان واحد هي المعيار". نَبَّهَتْ أيضا إلى أنه من السهل على المهاجرين في عصر المعلومات أن يحافظوا على ارتباطاتهم بالناس والمكان، المهاجرون يتلفنون عائلاتهم، يرسلون المال إلى أهلهم، يعودون في زيارة أو للتقاعد. وتكنولوجيا المعلومات تخلق أنواعاً جديدة تماما من الروابط، كتلك التحالفات الكمبيوترية بين من يحيا الآن من النيجيريين أو البرازيليين في مناطق أخرى من العالم. أعلنت هذه العالمة الديموغرافية "أن ما يحدث الآن نتيجة لكل أشكال الهجرة هو "تعدد الموقع". لم يعد الأفراد والعائلات

والمجتمعات يتجذرون في مكان واحد، ولم يعودوا بلا مكان، فللناس ارتباطات متعددة بأماكن متعددة".

وهذا في حد ذاته تطور مشهود، ولكن علينا أن ندفعه خطوة إلى الأمام وأن ندرك أن الناس لا يرتبطون فقط بأماكن متعددة، وإنما يرتبطون أيضا بالعالم بأسره – ارتباطات تتزايد تماسكا ووضوحا. إننا نخبر الآن ثورة اتساع الحدود – عادة بلا مجهود متعمَّد، ودون وعي ذاتي، ودون أن نلحظ – فالناس يعدلون فهمهم للمكان الاجتماعي والجغرافي، ويصبحون أجزاءً من وحدة أكبر. وقد ينتج عن هذا تحرك فيزيقي واقعي، وقد لا ينتج. تقوم وسائل إعلام الأخبار واللهو بتعريف الناس وشَغلهم بالوقائع البعيدة، كما تُكَرِّض كل ضروب الحقائق والخيال. تمتد مختلف عمليات ونظم التكريض – الاقتصادية والثقافية والسياسية – لتلمس الناس حتى في أماكنهم النائية، وتجتذبهم إلى علاقات جديدة.

لأول مرة في تاريخ البشرية بدأ كل فرد منّا يحيا في العالم بأسره.

البعض منا أكثر كُرْضِيَّةً من غيره، بالطبع. والبعض يستوعب الوضع الجديد، والبعض يقاومه في عنف – لكن العالم، عاجلا أو آجلاً، سيجد سبيله إلينا جميعا. إن المواطنة الكرضية، التي كانت يوماً مطمحاً تجريديا لقلة من المثاليين، قد أصبحت الآن واقعا مألوفا في حياة كل فرد.

غيرنا من ساكني الأرض:

ليس الناس وحدهم هم المسافرون في عالمنا. صور من الحياة من كل صنف وحجم تسافر أيضا: حيوانات أليفة وأخرى لحدائق الحيوان، أسماك استوائية، نباتات زينة، عينات للأبحاث، بذور للزراعة، حيوانات منوية مجمدة لطلائق، أجنة مجمدة تخص مربّي الحيوان، نَحْل قاتل يهاجر شمالا، حشرات داخل فواكه مشحونة، وفيروسات وبكتريا داخل البشر.

هناك تكريض اقتصادي، وتكريض ثقافي، وتكريض سياسي - وهناك أيضا تكريض بيولوجي، صحيح أنه هو الأقل لفتا للنظر، لكنه ربما كان الأقوى.

إننا نحيا في خضم أكبر حركة كرضية للنباتات والحيوانات والحشرات والكائنات الدقيقة، حركة لم يسبق أن كان لها نظير في التاريخ البشري. ومع هذه الحركة تتحول النظم الإيكولوجية في ربوع العالم، لاسيما منها الأكثر انفتاحاً، لتصبح إذ تعج بالمهاجرين "متعددة الثقافات" كالأمم والمدن. ومثلما يتطور علم الديموغرافيا نحو التأكيد على العشائر وهي تتحرك، سنجد أيضا أن علوم النبات وبيولوجيا الحياة والميكروبيولوجيا تطور حساسية جديدة نحو ظاهرة النباتات والحيوانات والكائنات الدقيقة إذ تتبادل المواقع حول العالم. تصلنا معلومات عن حقائق كهذه:

• بالصدفة دخل الثعبان الميلانيزي البني الليلي إلى جوام أثناء الحرب العالمية الثانية، ولم يكن بها قبلا أية ثعابين. انتشر هذا الثعبان البني في جوام حتى ليبلغ تعداده نحو ١٢ ألفا في الميل المربع، وانقرضت بسببه ثمانية أنواع من الطيور المحلية.

• تقول مصلحة الأسماك والحياة البرية بالولايات المتحدة إن سلحفاة الصندوق الأمريكية - المعروفة كحيوان منزلي أنيس بأوروبا - تُصدَّر الآن بمعدل ٢٥٠٠٠ - ٣٠٠٠٠ فرد في العام.

• ابتليت ولاية فلوريدا بغزو من أنواع عديدة من بينها ثعابين الأمازون، وسحالي جنوب أمريكا، وبعوض النمر الأسيوي. ثمة نبات زينة استرالي اسمه ميلالوكا كنكنفيرفيا قد ضيَّق على النباتات المحلية، وشكَّل جزراً اصطناعية وجفف المستنقعات. تحترق مادته الصمغية بسهولة لتغذي وهج المستنقعات. أما الهادريلا، التي استوردت من سري لانكا لتستخدم في

الأحـواض المائيـة، فقـد تَغَيَّلَـت لتغطـي أكـثر مـن ٤٠٪ مـن أنهـار الولايـة وبحيراتها.

كلنا يعرف بعض أجزاء من التكريض البيولوجي. تناضل الحكومات المحلية والوكالات الدولية بثبات لتنظيم حركة الكائنات المتحولة أو السيطرة عليها. تزعجنا كثيرا في كاليفورنيا ذبابة البحر الأبيض التي تضع بيضها فوق ثمار الموالح، ثم تحفر اليرقات أنفاقا لها إلى داخل الثمرة وتسبب أذى خطيرا. طبيعي أن يعتبر المزارعون هذه الذبابة كائنا دخيلا كريها، لكن ذبابة الفاكهة تحس بأنها تحيا هنا في موطنها، ولها الحق فالولاية تمتلىء بأشجار فاكهة البحر المتوسط. ولقد أصيب العديد من أنواع الأشجار المحلية أيضا – الكستناء، والدردار والصنوبر الأحمر – بأضرار بالغة من جراء حشرة دخيلة وآفات وفطريات، وتُبذل الآن جهود ضخمة لحمايتها – بدءاً من تصميم فيروسات مُهَنْدَسة وراثيا تهاجم الفطريات، وحتى تربية جيل جديد من الكستناء الأمريكي يحمل جينا للمقاومة منقولاً من نوع صيني وثيق القرابة. أما الوقاية البيولوجية من الآفات – التي يفضّلها البيئيون – فتميل إلى تزكية التكريض البيولوجي. في شمال كاليفورنيا سنجد نصبا تذكاريا لخنفساء – لاشك أنْ قد كانت غير كل الخنافس! والنصب أقيم لتخليد حشرة من آكلات أوراق النبات، تم استيرادها بعد تنقيب بالعالم كله، وأطلقتْ فأنهت مشكلة كان سببها عشب أوروبي ضار (حشيشة سانت جونز) يسمم الأغنام والأبقار التي ترعى.

هذا هو العالم الذي نحيا به – الكرة الأرضية، كرة المسافرين البيولوجيين. معظمنا لا يعرف تماماً أننا نحيا بعالم كهذا – ليس ثمة صورة فوتوغرافية واحدة تنقل إلينا هذه الرسالة في لمحة واحدة. ولقد نتمكن – إلى حد ما – من بعض عناصر عملية التكريض البيولوجية، نتمكن منها أو نتحكم فيها، لكن العملية الكبرى تمضي ولا رجعة فيها. إنها تخلق واقعا بيولوجيا مختلقا، ولن نعود أبداً إلى العالم الذي كان.

إذا وضعنا التكريض البيولوجي بهذه الصورة فسيبدو أنه مجرد مشكلة، بل ومشكلة بلا حل. لكن هناك بعداً آخر له: تكريض الموارد البيولوجية في بنوك الجينات – وعلى الرغم من أنه مُشْكِل من نواحي عديدة، إلا أنه في نفس الوقت إحدى أعاجيب مجتمع البيومعلومات الذي ينشأ الآن.

الذهب الجديد وفورت نوكس الجديدة:

أصبحت الشبكة العالمية لبنوك الجينات بالفعل أساسيةً لمنظومة إنتاج الغذاء العالمية، والمُقَدَّر أن تغدو في المستقبل القريب مورداً كرضيا ألمن مما في الحسبان.

أما أسلاف الشبكة الحديثة لصناعة بنوك الجينات فهي متنزهات الملوك والأباطرة، التي كثيرا ما كانت تُزرع بالنباتات النادرة الرائعة المجلوبة من بلاد بعيدة، وكذا أيضا "الحدائق الطبية" – ومنها واحدة أنشئت بالصين عام ٢٨٠٠ ق.م – التي جمعت أعشاباً عُرفت بقيمتها في علاج أمراض الانسان. ولعل أشهر الحدائق النباتية – بل وربما أكثرها اتساعاً – هي الحديقة النباتية الملكية في كيو – إحدى ضواحي لندن – التي أقيمت في أواسط القرن الثامن عشر وتحمل الآن نحو ٥٠٠٠٠ نوع من النباتات – نباتات زينة ونباتات طبية، وأقارب برية لنباتات المحاصيل. ولقد كان هناك دائماً بعداً كرضيا لمثل هذا التجميع، لأن السبب الأساسي لإنشاء أمثال هذه الحديقة هو توسيع نطاق النباتات المتاحة لاستعمال الحاكم أو رعاياه، وبذا فقد كان المتوقّع أن يعود المستكشفون وقباطنة البحار بنباتات جديدة للزينة وربما أيضا بنباتات اقتصادية. ثم إن سهولة جمع العينات قد أدت إلى سوق لتجارة العينات، وبذا يصبح كل نبات نافع ذي قيمة خاصة – مثل الأرز – مُوَاطناً عالميا إذا كان له من القدرة ما يكفي لتحمل الحياة في تربة جديدة ومناخ جديد.

هناك الآن لِتَبْنِيكِ الجينات ما هو أكثر من مجرد تجميع العينات، تماما مثلما يكون عمل البنوك المالية أكثر من مجرد تخزين الأموال. لقد أصبحت بنوك الجينات برنامجاً للتأمين ضد ضياع التنوع الوراثي، فهذا التنوع يختفي بسرعة في البرية نتيجةً لنمو العشيرة البشرية وانتشار الزراعة. لكن هناك الآن بنوكاً للجينات على طول العالم وعرضه، البعض منها مكتبات ضخمة للمعلومات الوراثية يحمل أنواعاً من أماكن عديدة، والبعض الآخر متخصص في محصول معين – كالأرز – وثمة ما يركز على نباتات المحاصيل الرئيسية التي تهم الزراعة في بلد بذاته أو منطقة، وهناك منها ما تدعمه الحكومات الوطنية مثل معمل تخزين البذور القومي التابع لوزارة الزراعة الأمريكية، وهناك أيضا ما هو تجميعات خصوصية، ومنها ما يتخذ الجامعات قاعدة له. تنتسب أبرز بنوك الجينات إلى الجماعة الاستشارية لبحوث الزراعة الدولية، وهناك شبكة كرضية أنشئت عام ١٩٧١، وهي تعمل على تبادل المعلومات عبر العالم إذ تربطها التليفونات والبريد الإلكتروني.

والعادة أن يكون بنك الجينات بضعة أشياء في آن. فهو أولا مستودع لتخزين المعلومات الوراثية، وقد تكون في صورة بذور، أو جزازات أو نباتات حية، أو حيوانات حية، أو عينات من أنسجة، أو أجنة مجمدة، أو قطع من الدنا. وهو أيضا مستودع لتخزين البيانات التي دُونها تصبح المعلومات الوراثية قليلة الجدوى. يحتوي بنك الجينات الحسن الإدارة على ملفات هائلة مما يسمى "بيانات جواز السفر" عن كل ما به من إلحاقات – تسجيلٌ لموقعٍ وتاريخِ أخذ العينة، ووصفٌ مختصر للنظام الإيكولوجي الذي منه أُخذت، بالاضافة إلى أية معلومات علمية إضافية عن خصائصه. يلزم لكل عينة تُخزَّن في صورة بذرة أو نسيج أن تزرع على نحو دوري، وأن تُقيَّم، وتختبر لمقاومة الأمراض والحشرات. تتكدس البيانات مع الوقت. وبذا تُكَمْتَرُ بنوك الجينات. و لم يكن هذا دائما بالعملية السهلة – وجدتْ دراسة

أجريت في الثمانينات ما شئت من صور التنافر في نظم الكمبيوتر، بجانب قدرة محدودة على تبادل المعلومات – لكن كلّ البنوك الرئيسية مرتبطةٌ الآن ويمكنها أن تتحدث مع بعضها بعضا.

وبنوك الجينات مراكز بحثية أيضا. نشأت الثورة الخضراء عن العمل الذي تم بالمعهد الدولي لبحوث الأرز في الفلبين، والمستودع الذهبي "للقمح والذرة" بمركز السيميت في المكسيك. والعادة أن تتيح كل بنوك الجينات البذورَ والجزازات لكل عالم حقيقي يطلبها.

والأخبار الطيبة عن بنوك الجينات هي أنها تكون على الأغلب فعالة للغاية في تحسين محاصيل الغذاء وفي مساعدة المزارعين في الإبلال من الكوارث. أما الأخبار المزعجة فهي أنها ليست مستعدة على الإطلاق لتَحَمُّل مسئوليتها الكرضية. دعنا نفحص الأخبار الطيبة أولا.

يتخصص المعهد الدولي لبحوث المحاصيل بالمناطق شبه الجافة (إكريسات) في محاصيل الغذاء بالمناطق الحارةالجافة الموجودة بالكثير من الدول النامية بأفريقيا وآسيا وأمريكا اللاتينية – وهذه عموماً ليست بأفضل مزارع العالم، ولكنها موطن الكثير من الشعوب – إذ يقطنها نحو سُدُس سكان العالم، وهي تشكيلة من أغذية مثل الذرة العويجة والدخن اللؤلؤي. بدأ معهد الإكريسات، ومعه مركز بحوث آخر في سوريا، في الاهتمام بإنتاج حُمُّص أفضل، والحمص واحد من أهم محاصيل الغذاء في هذه المناطق الجافة، وهو أيضا محصول كثيرا ما يفشل، فلقد جرى العرف على أن يزرع هذا النبات في الربيع ليحصد في الخريف، الأمر الذي يعرضه لحرارة الصيف الشديدة التي عادة ما تكون مهلكة. لو أمكن استنباط سلالة تزرع في فصل الشتاء، فالأرجح أن ترتفع الإنتاجية.

مضى الباحثون إذن إلى العمل يفتشون المكتبات الوراثية، يفرزون آلاف العينات، يهجنون السلالات المعروفة من الحمص بأقاربها البرية، حتى

وصلوا في النهاية إلى قائمة قصيرة من ٤٢ سلالة زراعية أُرسلت إلى باحثين أخَر في خمس عشرة دولة حيث تُزرع وتُختبر. أُتيح ما انتُخب من هذه السلالات للمزارعين في عام ١٩٨٨،وعلى عام ١٩٩٣ كان ثمة ما يقرب من ٩٠٠٠٠ هكتار وقد زرعت بالحمص الشتوي، بزيادة في المحصول بلغت ٦٠٪ ورِبْحٍ للمزارعين وصل إلى ١٠٠٪.

والجهود – كهذه – الموجَّهةُ نحو تربية النبات، هي مشروعات إدارة معلومات. صحيح أنه قد أمكن مراراً في الماضي التوصل إلى نتائج ممتازة عن طريق مُجَرِّبين أفراد يعملون بمناطق جغرافية محدودة، لكن أهم ما هو مطلوب اليوم من فتوحات سيتم على الأغلب من خلال فِرَق بحثية دولية يمكنها أن تجمِّع مجهوداتها، وأن تفتش بكفاءة داخل قدر هائل من المعلومات الوراثية.

ولقد قادت الوقائع المروعة التي حدثت في رواندا بأواسط التسعينات إلى أداء جديد فعال لنظام بنوك الجينات – كان في هذه الحالة بمجهودَ إنقاذٍ وراثي.

شاهد العالم بأسره المجزرة التي اندلعت في رواندا عام ١٩٩٤. أدرك وليام سكوكروفت – العالم الاسترالي في وراثة النبات بالمركز الدولي للزراعة الاستوائية في كولومبيا – أدرك من البداية أن الأمر سيفضي أيضا إلى كارثة زراعية : فصل زراعي ضاع، مزارع نُهبت، ومجتمعات تحطمت. عَرِف، وعرف مثله غيره من المجتمع العالمي لبنوك الجينات، أنه حتى لو أمكن استعادة شيء كالسلام هناك، فستكون قاعدة المعارف الزراعية لهذه الدولة وقد فُقِدت. لذا حركوا مشروعاً أُطلق عليه فيما بعد اسم "بذور الأمل". كان ثمة بنوكُ جيناتٍ متعددةٌ تحمل معلومات عن محاصيل الغذاء الرئيسية لرواندا. معهد إكريسات، المتخصص في المناطق شبه الجافة، يعرف عن الذرة العويجة. مركز السيميت في المكسيك يعرف عن الذرة. المركز

الدولي للبطاطس في بيرو يعرف عن البطاطس. المعهد الدولي للزراعة الاستوائية في نيجيريا يعرف عن الكاسافا. كانت هذه مصادر البيانات. ثمة بنوك جينات أخرى، معظمها أفريقي، تحمل عينات من بذور رواندا المحلية. بُدِيء ببرامجِ زراعةٍ لبذور رواندا هذه في بورندي وتانزانيا وأوغنده – أمهات بديلات كما أسماها مراسل صحفي، لتحفظ الموارد الوراثية على أهبة الاستعداد، حتى إذا ما مرت رواندا من أزمتها الإنسانية لم تجد أمامها مباشرة أزمة زراعية.

كان هذا مثالاً على ما يمكن عمله استجابة لكارثة تدمر الأساس الوراثي لزراعة دولة من الدول، لكنه يتصل أيضا بالأنباء السيئة، فمن المشكوك فيه حقا أن يكون نظام بنوك الجينات قادرا على الاستجابة للكوارث في المستقبل – أو حتى على أن يخرج سليما من كوارث تصيبه هو. وعلىالرغم من أن قادة العالم السياسيين قد بدأوا يكتشفون أن هناك ما يُسمى بالموارد الوراثية، فإن حماية مثل هذه الموارد لا تزال بعيدة في قائمة الأولويات السياسية.

يتباين حجم بنوك الجينات ونوعيتها كثيرا. يحمل بنك فورت كولينز بكلورادو أكبر مخزن أرضي في العالم لحفظ البذور تحت التبريد، لكنه لا يعتبر أفضلها إدارةً. يصيب هذا الشرف إما معهد بحوث الأرز (إيري) بالفلبين أو مركز القمح والذرة (سيميت) بالمكسيك. وبعض بنوك الجينات صغير لا يحمل ما يزيد على بضع بذور وبضعة نباتات.

وقواعد البيانات قاصرة إلى حد خطير. يقول أحد التقارير: "من بين مجموعات البلازما الجرثومية العالمية هناك نحو ٦٥٪ لا تتوفر عنها "بيانات جواز السفر"، ويفتقر ما بين ٨٠ – ٩٥٪ منها إلى بيانات الوصف أو بيانات التقييم ... بل وسنجد حتى في بنوك الجينات الحسنة الإدارة أن كثيرا من الجينات الواعدة تظل دون استخدام لأن تقييمها قد تخلّف عن

سرعة جمعها. أما بالنسبة لتجميعات الأرز في معهد إيري فإن ثلاثة أرباعها قد تم تقييمه، أما الرقم النظير بالنسبة لإلحاقات البطاطس بالمركز الدولي للبطاطس فهو لا يزيد على ١٠٪ فقط.

ثم هناك أيضا قضية البذور نفسها : ففي أفضل وحدات التخزين طويل المدى تُجَفَّف البذور جزئيا وتخزن على حرارة أقل من الصفر، حيث تبقى حية لفترة تصل إلى نصف القرن. لكن لابد لهذه البذور - عاجلا أو آجلاً - أن تُزرع وتُجَدَّد المخزون. غير أن الكثير من تسهيلات تخزين البذور هي أبعد ما تكون عن المثالية. منذ بضع سنين لَخَّصَ الميجور م. جودمان أستاذ علم المحاصيل بجامعة نورث كارولينا، لخص هموم الكثيرين من العلماء في قوله: "إن أي نظام من نُظُم البلازما الجرثومية لا يعتبر نظاما على الاطلاق إذا كان لا يفعل أكثر من تجميع المادة، ولم تكن لديه تسهيلات لتقييمها واستخدامها". وقد ذكر أيضا أن بعض التجميعات بالولايات المتحدة وغيرها من بلاد العالم تدخل ضمن هذه اللاّ نُظُم، وأضاف: "إنني أؤكد أن بنوك البذور التي تحمل مثل هذه المجموعات ليست في الواقع سوى ثلاجات للجثث - ما يدخلها لن يخرج حيا".

المفروض أن تكون بنوك الجينات أكثر أمانا من البيئة التي أُخذت منها العينات، لكنها عرضة للعطب بطرق عديدة. فالحبوب قد تتعفن أو تأكلها الفئران أو الحشرات. وأقبية التخزين الباردة قد تتعرض لانقطاع التيار الكهربائي، وزراعة المحاصيل والأشجار قد يتلفها حريق أو عاصفة وقد تتعرض لكوارث مثلما حدث لأحد بنوك الجينات في الصومال عندما اقتحمه الجوعى وأكلوا معظم ما به من بذور. وعلى كلٍّ، فإن نجاح نظام بنوك الجينات في عمله كمورد كرضي - قادر على الاستجابة للكوارث بعيدة المدى والقصيرة الأمد، وقادر على أن يسهم في الاستجابة الزراعية التي تصبح ضرورة إذا ما ارتفعت حرارة جو الكرة الأرضية - هذا النجاح يلزمه أن تحَسَّن بطرق عديدة آحادُ بنوك الجينات بل والنظام بأجمعه. ولابد

أيضا أن يكون من بين ما لديه رصيدٌ من مجاميع البلازما الجرثومية، وبنوكٌ للبيانات تعضده، حتى لا يتسبب أي حادث محلي مؤسف في خسارة كرضية لا يمكن تعويضها.

وعلى هذا، فهناك الكثير من القلق والجدل يحيط ببنوك الجينات: حول كفاءة النظام وأمانه، حول ما إذا كان التعويض العادل سيُدفع للدول النامية - الفقيرة مالاً الغنية جيناتٍ - التي ستؤخذ منها العينات، حول المستوى المنخفض عموماً من الاهتمام بالموضوع لدى القادة السياسيين ولدى الجماهير، حول أفضل الطرق لحماية البلازما الجرثومية. يفضّل المحافظون التأكيد بشدة على الحفظ "في الموقع الأصلي" - نعني حماية التنوع الوراثي بالحقل، ووقاية النُظم الإيكولوجية - وليس على الاستغراق الكلي في الحفظ "خارج الموقع الأصلي" في بنوك الجينات. يقول بيتر رافن، مدير حديقة النباتات بميسوري: "لا بأس بما قد نسميه استراتيجية سفينة نوح، لكنها تهمل الحاجة إلى رعاية مجتمعات النباتات وغيرها عبر العالم كله بطريقة متواصلة بحيث نستطيع يوما ما أن نستخدم البذور المخزنة بالتبريد، أو أية بقايا من عشائر برية أمكننا انقاذها، وإلا فقد نمضي في حياتنا سعداء ببنوك البذور التي شيدناها في "البدروم" بينما روما - مجازياً - تحترق".

كنت أتحدث أساساً عن تبنيك جينات النباتات وعن مشكلة التآكل الوراثي، الزراعية أصلاً - فقدان التنوع داخل الأنواع - وهي المشكلة التي تنشأ مع تغير النظم الإيكولوجية أو مع تخلي المزارعين عن زراعة الأصناف المحلية والاتجاه إلى السلالات الجديدة مرتفعة الإنتاج. لكن يلزم أيضا أن ندرك الأهمية القصوى لتبنيك الجينات في الحماية ضد ضياع أنواع نباتية برمتها، وضد فقدان الأنواع والتباينات في الحيوانات، بل وحتى في الكائنات الدقيقة.

إن نفس القوى التي تسببت في تجانس الزراعة بالعالم - التي دُفِع فيها المزارعون إلى ترك الأصناف "البلدية" من النباتات - قد تسببت أيضا في أن يهجر الناس سلالاتهم التقليدية من حيوانات المزرعة. تقول نشرة لمنظمة الأغذية والزراعة (الفاو) التابعة للأمم المتحدة: "يستحق التنوع الوراثي بين الحيوانات أن يُحفظ للأجيال القادمة تماما مثل غيره من تجليات تراثنا الثقافي كالفنون والعمارة، فالسلالات المحلية التي طورها المربون عبر المئات أو الآلاف من السنين، في استجابةٍ لظروف التاريخ المتغيرة، هذه السلالات ليست سوى ثمرة لعبقرية الانسان، تماما كأي عمل في التصوير أو النحت". من هنا أُقيم نظام كرضي يتنامى من بنوك جينات الحيوانات - "في الموقع الأصلي" وخارجه - ومعها قواعد البيانات الملازمة. تُطَوِّر منظمة "الفاو" الآن برنامجاً كرضيا للموارد الوراثية الحيوانية، له بنوك إقليمية للجينات الحيوانية، وقائمة كرضية للموارد الحيوانية الوراثية، وبنك كرضي للبيانات الوراثية الحيوانية أقيم في هانوفر بألمانيا.

هناك بعض التشابه بين هذه وبين بنوك الجينات النباتية: فتخزين السائل المنوي والأجنة بالتجميد قد أصبح الآن ممكنا، ومن الممكن أن تخزن البلازما الجرثومية هكذا لبضعة عقود. ثمة مثال رائد لتبنيك الجينات هو "حديقة الحيوانات المجمدة" في سان دييجو - وهو مركز بحثي ملحق بحديقة الحيوات ذاتها - التي تضم، بجانب الحيوانات المنوية والأجنة المجمدة، عينات مجملة من الأنسجة المأخوذة من الحيوانات النادرة بالحديقة. وقد يصبح ممكنا في المستقبل أن نعيد تشكيل حيوان كامل - على نمط فيلم الحديقة الجوراسية - من بضع خلايا. (بل ويعتقد بعض العلماء أنه قد يصبح من الممكن قريبا أن نعيد تشكيل كائن أبسط كالبكتريا دون خلايا على الاطلاق - تكفي فقط المعلومات عن جينومه المخزنة في ذاكرة الكمبيوتر). في نفس هذا الوقت يمكننا الآن أن نزرع جنينا، قُلْ مثلا من نمط لغزال أفريقي مهدد بالفناء، في رحم قريب غير وثيق، مثل الأيِّل الأمريكي طويل

الأذنين. تُحفظ الأغنام والماعز والأبقار النادرة، وغيرهذه من الحيوانات، في حدائق زراعية رئيسية مثل مزرعة بلايموث بالولايات المتحدة، ومزرعة كوتسولد بالمملكة المتحدة، كما يربيها أيضا مزارعون هواة ومربون من القطاع الخاص. تدعم مقاطعة كيبيك في كندا المزارعين الذين يربون ماشية "الكاناندين" النقية.

يمر الدور الذي تقوم به حديقة الحيوان في مرحلة تحول مع تطور نظام تبنيك الجينات، أصبحت بيئات الحدائق الآن أقرب ما تكون إلى المواطن الطبيعية؛ أصبحت بيئات حدائق الحيوان مواطن للأنواع المهددة بالانقراض، وهي تدعم أحيانا أنشطةَ إنقاذها من خلال برامج التربية في الأسر، ثم إنها تعمل أيضا كمراكز بحثية متعاونة مع مجهودات الحفظ في "الموقع الأصلي". إذا قمت بزيارة مفاجئة للمسئول عن الحيوانات الثديية في برونكس، فقد تجده جالساً أمام شاشة كمبيوتر يراقب خريطة لأفريقيا تبين - بمساعدة قمر صناعي يدور - تحركاتِ أفيال الغابات في الكاميرون. لقد زُودت الأفيال بأجهزة إرسال لاسلكية. يستخدم الإيكولوجيون في برونكس البيانات التي تبثها الأفيال ويلتقطها القمر الصناعي في تعقب حركات القطعان وأنماط سلوكها عن كثب - بشكل لم يسبق أن أتيح لبيولوجيي الحياة البرية في الأدغال الكثيفة - ثم يقومون بوضع خطط الحفاظ عليها. وخطط حفظ الحيوانات البرية هي أنشطة مكثفةالمعلومات، أما حدائق الحيوان فتتعاون مع مجهودات الحفظ "في الموقع الأصلي"، وذلك بأن توفر لها المعلومات عن الاحتياجات الغذائية للحيوانات وعن سلوكها في التزاوج.

وأخيرا، البكتريا. معظمنا لا يمكنه أن يتحمس لانقاذ الجراثيم من الفناء، لكن ثمة مجموعة دولية من الميكروبيولوجيين قد قامت مؤخراً بوضع مسودةِ استفائةٍ لإقامة نظام - بتصنيفِ العينات وتخزينها وتجميع البيانات -) نظامٍ يَحفظ البكتريا التي تحيا في بيئات نادرة (والتي قد تكون مهددة بالفناء) مثل الينابيع الحارة والبحيرات عالية الملوحة. لفتت الوثيقة النظر إلى ما قد يكون

لذلك من فوائد اقتصادية، مشيرة إلى أن بيكتريا الينابيع الحارة إنزيمات تعمل بصورة أسرع من إنزيمات البكتريا العادية، وإلى أن الأنماط التي تتحمل الملوحة قد تكون مفيدة في كوكبة من التطبيقات العلمية والتقنية الجديدة – بنك جينات جديد.

يترك تبنيك الجينات الكثير مما نأمله، غير أنه تطور مثير مذهل حقا – وأنا أتحدث عنه الآن كنظام واحد، نظام لابد أن يصبح بالتدريج واهي الارتباط بعناصره المختلفة. في نفس الوقت سنجد أن بيولوجيي التصنيف – الدارسين للتنوع البيولوجي – يزكون مشروع "علم كبير" جديد، يطلقون عليه اسم "أجندة التصنيف ٢٠٠٠". فإذا حدث وأُجيز هذا المشروع فسيكون قائمةً عالمية لكل الكائنات الحية – النظير لمشروع الجينوم البشري. ها مشروع أرسطو – بمعلومات أكثر – يدخل القرن الواحد والعشرين.

المحيط الحيوي الثالث والمحيط العقلي الإلكتروني:

شبَّهَ بير تيلهارد ده شاردان – عالم اللاهوت الذي كان أيضا من علماء الحفريات – شبه مراحل تطور الأرض عبر الزمان بطبقات تركيبها: المحيط الثقيل الفلزي المركزي، يطوِّقه الغلاف الصخري، تطوقه الطبقات المائعة للغلاف المائي والغلاف الجوي. أما أكثر ما اهتم به الرجل من المراحل الطارئة فهو تشكيل المحيط الحيوي –"الغشاء الحي المكوَّن من فونا وفلورا الكرة الأرضية"– والمحيط العقلي، عالَم التفكير الواعي الذي نشأ عن المحيط الحيوي وحوَّله – إنه طبقة جديدة حقا، هو أكثر ترابطا وشمولاً من أي طبقة سبقته، هو "طبقة التفكير" التي عَمَّت عالَم النبات والحيوان منذ نشأتها في نهاية الحقب الثالث. بمعنى آخر: يوجد المحيط العقلي خارج المحيط الحيوي وفوقه.

شاع استخدام مصطلح "المحيط الحيوي" الآن. هو لا يستخدم دائما بالمعنى المضبوط الذي كان يتصوره تيلهارد وزملاؤه، وإنما كمرادف

للأرض نفسها، وهو مصطلح طيب في رأيي وعملي، لأنه يذكرنا بأن كوكبنا حي؛ عندما أنظر إلى تلك الصورة الفوتوغرافية للأرض يعتريني الاحساس بأن "المحيط الحيوي" هو المصطلح الملائم لها تماما. أما المصطلح الآخر، المحيط العقلي، فالناس تخافه. ومع ذلك فقد سمعت حشدا من العلماء يستخدمونه دون ما خجل وهم يومئون برءوسهم موافقين على ملاءمته. كان هذا في أحد اجتماعات الجمعية الأمريكية لتقدم العلوم. واجتماعات هذه الجمعية دائما ما تكون مثيرة، إذ يجمعون فيها عددا من العلماء الأفذاذ من مختلف المجالات، ثم يُطلب منهم أن يتحدثوا عبر حدود فروع المعرفة المختلفة، ومن ثم تجدهم يستعملون شيئا أقرب ما يكون إلى اللغة الانجليزية التي نعرفها! تميز هذا المؤتمر بعدد من العروض عن المواضيع التي نناقشها هنا. تحدث العلماء عن مشاريع بحثية هائلة، كل منها أكبر في المدى والتعقيد من أي مشروع قام به جنس البشر. تحدثوا عن استخدامات مذهلة للكمبيوتر وتكنولوجيا المعلومات. وفي إحدى هذه الجلسات تحدث المشاركون، في دهشة لم يحاولوا إخفاءها، عن كيف أن كل هذه الأشياء **تلتقي** - أنها تحدث في نفس العالم، أنها أجزاء من عملية واحدة. وكان "المحيط العقلي" هو المصطلح الوحيد الذي بدا أنه يصلح لها تماما.

أنا لا أظن أنْ كان لدى تيلهارد ده شاردان أي فكرة عن المحيط العقلي ككيان؛ إنه أشبه ما يكون بمحيط غير مرئي من الفكر يطفو حول الأرض. لكن هذا المحيط يُنَمِّي الآن أعضاءه الإلكترونية، ليربط العالم بأسره والناس أجمعين بطرق مادية ملموسة. لم تعد "طبقة التفكير" في عمل المحيط الحيوي مجرد تجريد. إنها مُضَمَّنه فيزيقيا في الأقمار الصناعية التي تحوم فوق الكوكب، تراقب كل عمليات الحياة وتبعث إلينا بالمعلومات.

موضوع آخر من مفكرتي: أتيحت لي الفرصة منذ سنين أن أقوم برحلة في "المحيط الحيوي الثاني" (بيوسفير-٢)، النظام البيئي الاصطناعي بصحراء أريزونا. كان هذا مباشرة قبل بدء التجربة التي نالت دعاية ضخمة، والتي

أُغلق فيها على فريق من الناس لفترة تجريبية طولها سنتان، قبل النقد العنيف الذي اتُّهم المشروع بأنه علم رديء إن لم يكن حماقة. ولما كنت لا أشعر بالحاجة إلى إبداء رأيي في "المحيط الحيوي الثاني"، فإنني أقول إننا قد تمتعنا به – تمتعنا بالتجول داخله وفحص تنوع صور الحياة به، وما يحتويه من نظم إيكولوجية مصغرة، تمتعنا بمشاهدته من الخارج والإعجاب بجمال هذا الصرح المهيب يربض كسفينة فضاء فضية عجيبة ما بين التلول الجدبة.

أذكر بالذات مركزه العصبي. كان حجرة واسعة عصرية على حوائطها شاشات للمراقبة عديدة. كانت مكانا تتدفق إليه المعلومات من كل أجزاء المحيط الحيوي، لتحكي في أية لحظة عن حالة أجزائها المختلفة ونُظُمها الثانوية. كانت المعلومات تتدفق لأن الاسلاك كانت تربط ما بين أجزاء المحيط الحيوي كله. طافت بذهني فكرة فحواها أنه على الرغم من أن المحيط الحيوي الثاني قد صُمِّم ليكون نموذجا صغيرا بسيطا للمحيط الحيوي الأول – الأرض – فإن الكوكب الحقيقي يتحول أكثر وأكثر ليشبه النموذج، فالأرض هي الأخرى قد أخذت تلفها الأسلاك بطريقة جديدة، المعلومات تتدفق عائدة إلى آلات الرصد المختلفة. ليس هناك مركز عصبي واحد –آمل وأتوقع ألاّ يكون أبدا– ولا يستطيع أحد ببساطة أن يتحكم في كل النُظُم الكرضية للحياة، فيضغط على بضعة أزرار ليغير الطقس أو التيارات تحت سطح البحر. لكن الناس يحركون بالفعل كلَّ تلك النُظم، ويصبح المحيط العقلي الإلكتروني أكثر دَرَبَةً في كشف ما يحدث عندما نقوم بذلك.

الفصل الرابع
ترحيب بمجتمع المعلومات البيولوجية

لقد تخطّى نظامُ الذاكرة الخارجية الآن ذاكرتنا البيولوجية حتى لم يعد ثمة مبالغة في قولنا إننا قد توحدنـا أبـداً مـع ابتكارنـا الرفيع في تعـايش عـارف متفرد في طبيعته.

ـ ميرلين رونالد

دأب المتنبئون والمرشدون الروحيون، لمدة عقدين حتى الآن، يحدثوننا عن واقعة تسمى الثورة المعلوماتية، الثورة التي ستجلب، كما يقولون، نظاما جديدا للأشياء اسمه مجتمع المعلومات. يقف معظم المبشرين في صف هذا التطور، لكن ثمة قلة يغمرهم التشاؤم بشأنه - وإن كانوا يوافقون على أنه واقعة عالمية تاريخية كبرى. هم يخبروننا بأن اعتمادنا المتزايد على المعلومات واستخداماتنا المتزايدة للتكنولوجيات الجديدة للمعلومات والاتصالات تغير بالفعل السياسات، وتغير الحكم، وتغير التجارة، وتعيد صياغة أحكام المنظمات في كل مكان.

يقول دانيل بيل، وهو واحد من أوائل منظّري المعلومات، إن المعلومات "هي المورد الاستراتيجي والعامل المحوِّل لمجتمع ما بعد الصناعة"، هي المرتَكَزُ المحوري في "هيكلٍ اجتماعي جديد مبنيٍ على الاتصالات من بُعد". في هذه الرؤية ملامح رئيسية ثلاثة لمجتمع ما بعد الصناعة المعلوماتي: (١) التحول من اقتصاد انتاج السلع إلى اقتصاد الخدمات، (٢) الاعتماد المتزايد على المعرفة النظرية، (٣) ابتكار "تكنولوجيا عقلانية" جديدة ترتكز على الكمبيوتر والآلات الذكية.

يتحدث بيتر دراكر، وهو الآخر من رواد المعلومات، عن الكيفية التي بها تَخْلِقُ المعلومـاتُ هياكلَ تنظيمية أكثر مرونة وأقل تسلسلا، وتُعِدُّ المسرح لطبقة جديدة من "عمال المعلومات" ، طبقة تحتاج إلى أساليب جديدة في الإدارة. يقول إننا نتحرك الآن نحو عصر "ما بعد الرأسماليين"، عصر تحل فيه المعلومات محل رأس المال في إنتاج الثروة. يقول بول رومر – الاقتصادي المفضّل لدى دراكر – إن المعلومات وتكنولوجيا المعلومات قادرتان على أن تجلبا تغيراً دائماً في معدل الكشف ومعدل النمو الاقتصادي. وهو يعتقد أن العالم الآن – مع تحرر الناس من التفكير الاقتصادي التقليدي ومن قيود العصر الصناعي – قد أصبح على شفا انفجار من الإبداع وصناعة الثروة لم يسبق له مثيل.

يتحدث هارلان كليفلاند عن صبغ شئون العالم بالمعلوماتية ويقول إن مفهوم الموارد الذي رافق السياسة الجغرافية يتحول الآن بسرعة ليصبح في خبر كان. يضيف قائلا: "نطلق في أيامنا هذه اسم الدولة "المتقدمة" على الدولة التي تنعم بأكبر قسط من تدفق المعلومات. نحن نعرف أن في استطاعة أي شخص أن يستخلص المعارف من مستودع المعلومات الذي يكاد يغرقنا جميعا. لا يلزم أن تجدها داخل حدود بلدك نفسها، لا يلزم أن تنميها في وطنك ذاته، لا يلزم أن تصنعها في مصانعك الخاصة أو أن تجمّعها في مصانع التجميع لديك. إنما عليك أن تضعها جميعا في مخك، ثم أن تضم بصيرتك وخيالك إلى الأعمال الذهنية لإخوتك من البشر في صورة شبكات وشركات وتحالفات".

أما دونالد ميشيل – وهذا رائد آخر من منظّري المعلومات – فيؤكد على أهمية **التعلم** مع تزايد اعتماد المجتمعات على الإبداع وتبادل المعلومات. وهو في هذا لا يكتفي بمجرد التأييد المتعارَف عليه للتعلم، إنما يجادل بأن ثمة زمرة كاملة جديدة من المهارات التعليمية – أسماها "الجدارة الجديدة" – تصبح ضرورية لكل الطامحين في أداء عملهم بكفاءة – لاسيما

من يتقلد منهم مواقع القيادة. فالقادة لابد أن يكونوا "قادة في التعلم"، يمكنهم أن يعترفوا بالخطأ ويعدلوا خططهم. أما المنظمات - وقد تكون المنظمة مجتمعاً بحاله - فلابد أن تكون لها القدرة على التحول إلى "أساليب تَعَلُّم" قد تؤدي إلى تغيرات أساسية في الطريقة التي تنجز بها الأعمال.

أصدر ستيف روسيل زميلي بمعهد ميريديان مؤلَّفاً عنوانه "الحكم في مجتمع المعلومات" - وهذا تقرير عن مشروع قام فيه مع مجموعة من كبار الرسميين بالحكومة الكندية باستكشاف ما يسببه النسق الجديد للأشياء من آثار على مجتمعهم ونظامهم السياسي - وقد نبهوا فيه إلى الآثار الرئيسية التالية:

* الاتجاه نحو التكريض: بما في ذلك تكريض الاقتصاد (سوق أوراق مالية مترابطة، أسواق رأسمالية بلا حدود، تكريض التصنيع، وغير ذلك)، التأثير النافذ للعلم المُكَرَّض والتكنولوجيا، والحاجة إلى معالجة القضايا (من التجارة إلى البيئة إلى حقوق الانسان) في صِيَغٍ وشبكاتٍ ومنظمات فوق قومية.

* الترذيذ، والدَّقْرَطَة، والتَشْظِيَة: التي تتبدى في القوة المتزايدة للحكومات تحت القومية، وفي الاقليمية المتزايدة، وفي انتشار "الأصوات المتعددة"، نعني الزيادة في عدد المجاميع التي تسعى لتأكيد دور لها في الحكم.

* انهيار النموذج البيروقراطي / الصناعي للتنظيم: تصاغر القطاع العام والخاص كليهما، تفكيك الإدارة الوسيطة، التحلل من أحكام العمل، تزايد الاعتماد على الشبكات والحملات وغيرها من طرق التنظيم الأكثر مرونةً ولا مركزيةً.

* إعادة جذرية للبناء: انهيار الفروق التاريخية بين الصناعات، وبين القطاع العام والخاص ، وحتى بين الدول، انهيار يصاحبه بحث عن علاقات وتحالفات جديدة بين هذه الكيانات.

* تناقص احتمالات السرية، وتضمينات ذلك بالنسبة لنظم الحكم التي ترتكز على درجة معينة من السرية.

هذه بعض الأفكار العريضة السائدة حول الحياة في مجتمع المعلومات. فإذا أردت التفاصيل فلديك النافتا، والجات، والإنترنت، والواقع التخيلي، وانهيار حائط برلين، وانفجار الاتحاد السوفيتي من الداخل، والنشاط المتزايد للمنظمات غير الحكومية، ونمو النظام المالي الكرضي المُكَمْتَر، ومشاهدة الكمبوديين للمسلسلات المكسيكية، ومشاهدة الأمريكيين لحرب الخليج، ومشاهدة العالم أجمع لأروع عروض العصر، ثم أية قصة تقرؤها هذا الأسبوع عن الحياة الجنسية لأحد المشاهير.

ومعظم ما ذكرناه الآن يختص بالناحية السياسية الاقتصادية التنظيمية لثورة المعلومات. لكن هناك ناحية أخرى لا تقل روعة ولا فعالية في تحويل العالم، وتتعلق بالصلة ما بين تكنولوجيا المعلومات وحياتنا الشخصية. يلزمنا أن نفهم هذه الصلة إذ كان لنا أن نفهم كيف سيؤثر فينا ذلك التأكيدالمتزايد على المعلومات البيولوجية، فمستكشفو هذه الناحية من ثورة المعلومات يعتبرونها ثورة في حد ذاتها، فصلاً جديدا في تطور الانسان "هومو سَابِيِنْس"، واقعةً لا تغير فقط المجتمع والأعمال وإنما أيضا الطبيعة الأساسية لحياة البشر.

يقول هوارد رايتجولد – وله بضعة كتب في علم المعرفة والواقع التخيلي وغير هذين من المواضيع ذات الصلة – يقول إن الحالمين الحقيقيين في عالم الكمبيوتر كانوا يدركون من زمان أن الهدف من هذه التقنية ليس هو مجرد تخزين أو معالجة البيانات وإنما "توسيع قدرة عقول البشر على التفكير

والاتصال وحل المشاكل". اما أفضل مصطلح لديهم لوصف ما يقوم به الكمبيوتر فهو "التزيّد". هذه الكلمة هي المفتاح إلى تفرد التطور البشري – ماضيه وحاضره، ثم مستقبله على وجه الخصوص.

الحيوان المزَيد:

ثمة فريق من علماء الآثار، بمركزجامعة إنديانا للبحث في الأسس الأنتروبولوجية للتكنولوجيا، يقوم بدراسة الأدوات البسيطة المصنوعة من الحجر المرقّق – والمسماة "أدوات أولدواي" – التي كان يستخدمها أشباه الانسان منذ نحو ٢٫٥ مليون عام لأغراض مثل قطع جلد الفيل الذي يبلغ سمكه بوصة. كانت هذه الأدوات – كما يقولون – جزءاً متكاملاً من تطور أشباه الانسان إلى أكَلَةِ لحوم، وهي دليل على أنهم قد بدأوا في إنتاج محاكيات للأعضاء البيولوجية – أعضاء للقطْع والهرس كتلك التي تحملها اللاّحِمات الأخرى. يفسر هذا واحد من الفريق بقوله: "سنلاحظ صغر حجم الأسنان والفكوك، لأن التكنولوجيا قد قامت بعمل البيولوجيا". كانت هذه الأدوات زَيْد مبكر حرر الجسم من أن يتطور بوسيلة أخرى.

هناك تبصر جديد في هذا الخصوص قدمه مارشال ماكلوهان – الذي نتذكره أساساً لأفكاره المثيرة عن التلفزيون. كان لكتابه "تفهم الجهاز الاعلامي" عنوانا فرعيا هو "زَيْد الانسان"، أبْرَزَ فيه أن لكلِ الابتكارات أثرها في التدعيم. إنها تخدم كإضافات لجسم الانسان، تُمَكِّن الناس أن ينجزوا أعمالاً ما كان لهم أن ينجزوها بالادارة الجسدية التي طوروها من خلال التطور الوراثي. بل لقد رأى أن في الملابس تدعيما لجلد الانسان – بل وتدعيما فعالا للغاية، لأنها تحمي طاقة الجسم، وتُمَكِّن البشر من الحياة بقدر أقل من الطاقة. يستطرد قائلا:

"فإذا كانت الملابس تعزيزاً لجلدنا الشخصي في تخزين وتوجيه حرارتنا وطاقتنا، فإن المساكن وسيلة جماعية لإنجاز نفس الشيء بالنسبة للعائلة أو

المجموعة. المنازل كملتجأ هي تعزيز للآليات التي بها تتحكم أجسادنا في الحرارة – هي جلد جماعي أو رداء جماعي. بل إن المدن هي الأخرى تعزيز أبعد للأعضاء الجسدية يوافق حاجات جماعات أكبر. والكثير من القراء على بينة بالطريقة التي نظم بها جيمس جويس روايته "عوليس"، بأنْ نَسَبَ عضواً جسديا مختلفا إلى كلٍ من صور المدينة من حوائط وشوارع ومباني وميديا مَدَنيةً.

والزَّيْدُ – الإضافات الاصطناعية أو التحسينات في جسد الكائن – ليس مقصوراً بأي حال من الأحوال على البشر وحدهم. يستخدم ريتشارد دوكنز – عالم البيولوجيا التطورية – مصطلح "المظهر المَزِيد" في وصف كل الأدوات والتراكيب التي يخلقها الحيوان بغريزته. لكن الإزادات البشرية تصبح جزءاً من الحضارة – الابتكارات والأفكار التي يمكن أن تنتشر وتُحَسَّ وتُستخدم بطرق جديدة. بل وهناك فارق أكبر حتى من هذا: البشر يرفدون "التفكير".

قام السيكولوجي ميرلين دونالد، من جامعة الملكة في أنتاريو، بلَمِّ النتائج من عدد من المجالات في هيكل نظري بارع لتفهم ما أسماه التطور المعرفي للجنس البشري. ولقد تسمي مَدْخَلَه هذا أيضا باسم التطور بالإزادة: تطور لا يضاف فيه إلى الجسم وإنما إلى قدرته على تفهم المعلومات وتوصيلها.

والقضية التي يطرحها هي أن الجنس البشري يجذب نفسه من مستويات الرئيسات ليعلوها، وذلك عن طريق سلسلة من الابتكارات. وهذه في حد ذاتها ليست بالفكرة الجديدة تماماً، إنها تعيد إلى الذاكرة فكرة بيرجسون عن "هومو فابر"، كما نجدها في الأفكار القائلة إن الانسان هو الحيوان صانع الأدوات. لكن دونالد يحاول أن يصنع معنى أكبر وأكثر صقلا. هو يقول إن أهم هذه الابتكارات كان هو أنساق الرمز والمعرفة. ابتكر الناس أولاً الرموز، أشياء ترمز إلى أشياء أخرى – وهذا في حد ذاته ابتكار رائع –

ثم مضوا على مدى فترات طويلة من الزمن يبتكرون نُظُمـا رمزية جديدة تماماً متزايدة التعقيد والقوة، مثل اللغة والكتابة. ولقد وَسَـمَ كل من هذه النظم الجديدة للترميز تَحَوُّلا تطوريا إلى مستوى جديد له قدرات جديدة من الفكر والفعل – تحولاً أنتج بالفعل نوعاً جديدا يختلف جذريا عن النوع الذي ابتُكر قبله. كان كلٌّ من هذه تحولاً تطوريا، ولقد غيَّر كل منها البشرية كما غيَّر العالم.

على أن الكلمة لم تكن في البدء. ارتبط التحول الأول – التحرك من مستوى القردة العليا والانسان الجنوبي إلى مستوى هومو إركتص – ارتبط بظهور القدرة على المحاكاة الجسدية، أي إعادة تمثيل الوقائع. كان هذا التحول الذي ربما لم يتطلب إنجازه سوى بضع مئات الآلاف من السنين، كان يجري منذ نحو مليوني سنة. ولقد مكّن أسلافنا من النوع إركتص من أن يقوموا بما لم يفعله حيوان قبلا – تنظيم مجتمعاتهم بطرق جديدة، انتاج أدوات غاية في التهذيب، التحكم في النار، ثم الهجرة بعيداً بعيداً عن موطنهم الأصلي.

أما التحول التالي – التحرك من حضارة إركتص إلى حضارة هومو سابينس – فقد اصطحبته بدايات اللغة البشرية الحقة. ولقد تضمن هذا بالطبع ما يزيد كثيرا عن إصدار ضجة ذات معنى، كما تضمن تطوير قدرة معرفية جديدة. كان على الناس أن يتمكنوا من أن يفكروا ويتحدثوا في صيغة قصصية، وأن يتفهموا القصص التي يرويها الآخرون. بهذا اكتسبوا قدرات جديدة على التعلم كما اكتسبوا ذاكرة جماعية، وطوروا أدوات أكثر تعقيدا، وابتكروا ثقافات شفوية متقنة: ثقافات الأسطورة والشعائر والعقيدة.

كانت هذه التحولات التطورية تحولا ت ثقافية وبيولوجية. لقد مكّنتهم النظُم الرمزية الجديدة من بناء كيانات من المعرفة يمكن أن تنتقل من جيل

إلى جيل – "الدنا الثقافي" كما يسميه بعض منظّري التطور. وفي نفس الوقت تَطَوَّر البشر فيزيقيا. كان الانتخاب البيولوجي يحابي مَنْ يمتلك مخاً يصلح لاستخدام المعلومات الرمزية، ومَنْ يحمل جهازا صوتيا يلائم اللغة.

وكان التحول الثالث هو ما أطلق عليه دونالد اسم التحرك نحو نظم الترميز "البصرية التصورية" التي تستخدم العلامات والرسوم في تمثيل أشياء أو أفكار أخرى.

يبدو أن تمثيل العالم برموز بصرية أمر "طبيعي" جدا حتى ليصعب حقا أن نعود بعقولنا إلى زمن لم تكن لنا فيه هذه المَلَكَة – أن نتصور الحياة البشرية على غير ذلك. لكن الترميز البصري كان ابتكاراً حقيقيا، فتحاً قام به البعض بطرق مختلفة في أزمان مختلفة وأماكنَ – ولم تصل إليه الكثير من المجتمعات البدائية أبداً. عثر الأركيولوجيون على آثار للبصريات التصورية في أنواع شتى من الزخارف القديمة، في الرسوم بالكهوف، وفي الكتابات المبكرة بالطبع. لكن دونالد يؤكد أنه ليس أمراً محتوما أن تتقدم اللغات المنطوقة لتصبح لغات مكتوبة. فمن بين الآلاف، بل ربما مئات الآلاف، من اللغات المنطوقة التي طورها البشر، لم يتطور إلا أقل من العُشْر إلى صيغ محلية مكتوبة، ثم إن قلة حد صغيرة من هذه قد أنتجت قدراً معقولا من الآداب – ثقافات ترتكز على الترميز البصري. ينتهي دونالد بقوله: "لم تكن الكتابة فقط تطوراً متأخرا، بل كانت أمراً نادراً جداً".

ومع الكتابة ظهر نوع جديد من الزيد، أقرب إلى ما نسميه الآن بالتكنولوجيا. بدأ التفكير الانساني ذاته يستخدم أداةً. وفي نهاية الأمر أصبحت اللوحات المنحوتة ولفافات البردي ثم الكتب، إزاداتٍ للعقل – مثلما تكون الملابس زَيْدًا للجلد – ثم طور الأفراد نوعاً مختلفا من الروابط مع ثقافتهم، لأن الدنا الثقافي كان ينتقل من خلال قنوات جديدة.

قاد التحول الثالث.... إلى مرحلة ثالثة من التطور المعرفي، ميّزَها بزوغ عاملين رئيسيين في أسلوب البناء المعرفي هما الرمزية البصرية والذاكرة الخارجية. ولابد لنا أن نعتبر التخزين الرمزي الخارجي هو تغير في "عتاد" البنية المعرفية البشرية، إن يكن تغيراً في العتاد غير بيولوجي. وكانت نتائجه بالنسبة لأسلوب البناء المعرفي للبشر مشابهة لنتائج تزويد وحدة تشغيل مركزية بجهاز تخزين خارجي، أو إذا أردت دقةً أكثر، بوَصْلَةٍ مع شبكة.

للشخص المتعلم الآن جهاز ذاكرة مَزِيد يصله بمقادير هائلة من المعلومات، أبعد بكثير من معرفته الشخصية. ونحن نعتبر هذا أمراً مسلما به، لا أحد يتوقع من طباخ أو طبيب أو مؤرخ أن يتذكر كل ما يرتبط بموضوع عمله – وإن كان هذا بالتحديد هو ما كانت تفعله المجتمعات اللابصرية تصورية. يحكي أليكس هالي في روايته "الجذور" تجربة اتصاله ببقايا مثل هذا المجتمع – وهي تجربة من أهم وقائع حياته، الواقعة التي أسس عليها كتابه. كان يبحث عن جذوره، ويحاول أن يتحقق من أسطورة عائلية عن سلف أسِر وبِيَع في سوق العبيد منذ نحو مائتي عام. سافر إذن إلى جامبيا وتحدث مع مجموعة من الرجال لديهم دراية بالحياة الثقافية للبلاد:

أخبروني بشيء لم يخطر لي أبداً على بال: هناك رجال طاعنون في السن – يسمونهم – "الجريوت" – لا زالوا يعيشون في القرى البعيدة القديمة، رجال هم في حقيقة الأمر أرشيف متحرك للتاريخ الشفوي. يكون الجريوت الراشد عادة في أواخر الستينات من عمره أو أوائل السبعينات، ومن بعده هناك من هم أصغر سنا – ثم صبية يأخذون عنهم، يستمعون إلى حكاياتهم أربعين أو خمسين سنة قبل أن يؤهل أي منهم ليصبح جريوتا راشدا، قادراً على أن يحكي في مناسبات خاصة تاريخا يمتد إلى الوراء قرونا، تاريخ القرى والعشائر والعائلات والأبطال العظام. انتقل مثل هذا التاريخ الشفوي جيلا وراء جيل عبر أفريقيا السوداء كلها من أيام الجدود القدامى – هكذا علمت – وكان هناك جريوتات أساطير معروفون يمكنهم أن يرووا

حرفيا جوانب من التاريخ الافريقي لمدة ثلاثة أيام دون أن يكـرروا أنفسـهم أبداً.

وعندما لاحظ الجامبيون مدى الذهول الذي أصابني، ذكّروني بـأن كـل شخص حي إنما هو سليل أسلاف عاشوا في زمـان ومكـان لم يعرفـوا فيه الكتابة، ولم يكن ثمة وسيلة آنئذ لتخزين المعلومات ونقلها سـوى ذاكـرة الناس وأفواههم وآذانهم.

عاد هالي بعد فترة إلى أفريقيا، ثم أخـذ طريقـة إلى قريـة نائيـة وبصحبته حاشية من المرشدين والمترجمين والموسيقيين - فقـد عـرف أن الجريـوت لا يعمل دون خلفية موسيقية. وصل إلى عجوز حكى لـه في سـاعتين ونصـف الساعة عن قائمة الأنساب، وعرف هالي تاريخ أسـرته، وتـأكد مـن صحـة قصة سلفه كونتا كينتي.

إذا أراد البعض في أيامنـا هـذه أن يعرفـوا عـن أسـلافهم لجـأوا إلى نظـم التخزين الخارجية: هم يشترون كتبا عن سلاسل الأنساب، هـم يسـتخدمون برنامجا به فراغات في شـجرة العائلـة يملئونهـا، هـم يفتشـون عـن سـجلات مدوَّنة قديمة، وربما استشاروا بنوك البيانات الهائلة كتلك الموجـودة بكنيسـة المورمون. الناس يصنعون ضروبا مختلفة من الروابط ويتبادلون ضروبا مختلفـة من الرموز. ثمة أعداد من الناس أكـبر كثـيراً يرتبطـون بشـبكات المعلومـات هذه، بل إن بعضا من المعلومات التي تلقاها أليكس هـالي بالاتصـال المباشـر بالثقافة الشفوية، قد سُجلت الآن في كتابه. يمكنك أن تعثر على نسخة مـن كتاب "الجذور" في مكتبتك، أو قد تحصل على فيديو كاسيت من المسلسل التلفزيوني الذي عُرض من سنوات. لقد وصل كشف هالي إلى الملايين بعـد أن تفجر عبر أجهزة إعلام عصر المعلومات. خسرنا شيئا - فلم نعد ندرب مثل هذه الذاكـرة الفخمـة - وكسـبنا شـيئا. كسـبنا كـلَّ الآداب، ومثلهـا

التاريخ الذي نعرفه: تاريخ يتضمن أكثر من مجرد سجلٍ قبيلتنا، إذ يمتد إلى مجتمعات عديدة، بل ويتضمن تطور البشر ذاته.

تتلاشى الثقافات الشفوية القديمة، ومع تلاشيها يجوب الباحثون العالم يحملون مسجِّلات الأشرطة، ومعهم أيضا أجهزة الفيديو - يتحدثون إلى العجائز من الرجال والنساء، مع رؤساء القبائل، والعرافين والجريوت، يسجلون قصصهم. "يحفظون" تراثهم من المعارف التقليدية المنطوقة (طبيعي أن الثقافة الشفوية إذا ما حُفظت إلكترونيا لم تعد بالضبط ثقافة شفوية). وإذا ما سُجلت الحِكَم المأثورة تخطت حدودها الجغرافية والاجتماعية الأصلية - وَثَبَتْ إلى فضاء التوجيه والضبط، وأصبحت جزءاً من مجتمع المعلومات.

وتطور الثقافة - الذي يحفظ بقايا النُظُم الرمزية القديمة مع ابتكاره لأخرى جديدة - يوازي تطور عقل الانسان، ولا يزال ماضينا يحيا بداخلنا. يعتقد دونالد أن "كل نظام رمزي جديد ظهر بقى كاملاً داخل البناء العقلي المعاصر، بحيث أصبح عقلنا المعاصر بناءً موزايكيا من مُختَزَلاتٍ معرفية من المراحل المبكرة لظهور الانسان". إننا نتحرك عبر ما هو بصري تصويري إلى معلومات تُشفَّر وتُنْقَل إلكترونيا في صورة بيتات - رموزِ رموزٍ يمكن إعادة ترجمتها إلى كلمات أو صور أو أصوات. لكننا نستبقي أيضا أثناء ذلك ذخيرتَنا المخزونةَ من الإبداع التي تمكّننا من الاتصال، عن طريق المحاكاة، والقصة أيضا.

فإذا تتبعت هذا الخط من التفكير فستصل لا شك إلى الاستنباط بأن الأحجية القديمة عما إذا كان الكمبيوتر سيتمكن يوما من أن يفكر أفضل من البشر - المادة التي تُعرض في الكثير من جلسات طلبة الدراسات العليا والعديد من مقالات النقاد في الصحف، ومادة بعض المجادلات بين الفلاسفة - هذه الأحجية ليست بالضبط بالسؤال الصحيح. فإذا وضعنا قول بوجو

في صياغة جديدة قلْنا: لقد عرفنا الكمبيوتر الضخم (الميجاكمبيوتر) وما هو إلا نحن – ونحن و تكنولوجيا تتغير أبداً، نحيا في تعايش. ومع استيعابنا الابتكارات الجديدة داخل حياتنا العاملة واللاهية والفكرية، فإنا نعيد ابتكار أنفسنا. هذا هو تطور الانسان، إنه شيء أبعد بكثير من التطور البيولوجي، وأكثر بكثير أيضا مما تعنيه عادة بالتطور الثقافي. أو كما قالها دونالد: "قد تكون جيناتنا في أغلبها مطابقة لجينات الشمبانزي أو الغوريلا، لكن بنياتنا المعرفي ليس كذلك. لقد وصلنا في تطورنا المعرفي إلى نقطة حرجة. إننا كائنات تستخدم الرموزصيغت من شبكات، إننا نختلف عن كل ما قبلنا".

أما الطريقة التي ننظر بها إلى حال البشر أو إلى تطور الانسان، فتتبدى في أعمال أصحاب الرؤى من المجالات المختلفة. يعتقد المؤرخ بروس مازليش أن "البشر قد بدأوا بصورة حاسمة يبنون طريقا عبر الفجوة ما بينهم وبين الآلات"، يكتشفون "أن الأدوات والآلات هي جزء لا يتجزأ من الطبيعة البشرية في تطورها". أطلق مازليش على هذا الفتح اسم "الفجوة الرابعة"، وكان ما يعنيه هو نهاية الفجوة الرابعة. إن روايته عن التقدم التطوري البشري هي قصة دروس تعلمناها – دروس من نوع فريد جدا: يكتشف الجنس البشري في كل درس أن أشياء كان يعتبرها يوماً منفصلة ليست كذلك على الاطلاق. فجوة فكرية تُحَسَّر، فجوة تختفي. تعلمنا من درس كوبرنيق أن كوكبنا ليس منفصلا عن الأجرام السماوية، تعلمنا من درس داورين أن البشر ليسوا منفصلين عن الحيوانات، وتعلمنا من درس فرويد أن العقل الواعي ليس منفصلا عن أصوله في "ما قبل الشعور". وها نحن نتعلم أننا لا نستخدم أدواتنا ببساطة – لا ولا تستخدمنا هي ببساطة، كما قد يقول كارهو التكنولوجيا – وإنما أن الكائن البشري هو نحن وأدواتنا معا.

غير أن كلماتٍ مثل "أداة" أو "ماكينة" لا تكاد تكفي لوصف ما يحدث الآن. حقا إننا نتعامل مع أدوات معلومات وماكينات معلومات، لكنا

نتعامل أيضا مع العديد من نماذج الاتصال الجديدة - اتصالات بين البشر والآلات، نعم، إنما هناك أيضا اتصالات بين الناس وبعضهم بعضا، وبين النظم الايكولوجية، وبين الكائنات الحية جميعا. وكما رأينا في الفصول السابقة، فإن الكثير من المعلومات التي يستخدمها الناس الآن معلومات بيولوجية، وبنوك المعلومات لا تحوي فقط سلاسل الأنساب وإنما أيضا المعلومات الوراثية والجيولوجية. إن نظام الرموز يتحول ليصبح أداةً لتحوير الأنواع، تحوير جينومنا نحن وتحوير النظم الإيكولوجية. وفي أثناء ذلك يتغير التطور ذاته. لم يعد تطور النوع مجرد مسألة تكيُّفٍ مع البيئة، فنحن بطرق شتى نحور البيئة لتتكيف معنا. ولقد حدث علاوة على ذلك شيء غريب لضربيْ المعلومات المنفصلين - الوراثي/ البيولوجي والرمزي/ الثقافي - وكنا نفهم أنهما سويا يتدخلان في تطور الانسان. يبدو أنهما يتدفقان سويا، لتُغلق إذن فجوة أخرى. يبدو الأمر كما لو كانت الفجوات قد بدأت تتوارى من كل مكان، شبكة كاملة من مفاهيم قديمة وفوارق تنهار، بينما نكافح نحن كي نفهم كيف أصبحنا، وكيف أصبح العالم. قام الكاتب جريجوري ستوك بصياغة مصطلح جديد هو "الميتامان - الانسان الأسمى" يصف به الجنس البشري برمته وجميع مبتكراته ككُلٍّ حيٍّ واحد يقول :"هذا الاسم يعترف بدور الانسانية الرئيسي في تشكيل الكيان، مثلما يؤكد - على الرغم من تمركزه حول البشر - أنه أبعد عن أن يكون إنسانيا فقط. الميتامان هو أيضا المحاصيل، آلات المزارع الحيوانية، والمباني، وأجهزة الاتصال، وغير ذلك من العناصر غير البشرية والبنَى التي تشكل جزءاً من المؤسسة البشرية".

يا إله السماوات! لقاء بيوإلكتروني، زبد، تطور معرفي، فجوة رابعة، ثم الآن: الميتامان! للقارىء حقا أن يشعر بالرعب من هذه المأدبة من الألفاظ الجديدة، وأن يتساءل عن السبب في أن يجتهد الكتّاب في ابتكار كلمات جديدة وعبارات. أما يكفيهم معجم مفردات اللغة الحالي؟ أنا لا أعتقد

ذلك. إننا نتحدث عن عالم جديد، عالم يحتاج وصفه بعضا من كلمات جديدة. الكلمات هي أهم ما ينقل المعلومات. وعلينا في بعض الأحيان أن نوسع معجمنا اللغوي حتى نوسع بصيرتنا.

وهذا يعود بنا إلى مجتمع المعلومات - مصطلح آخر صُك مؤخراً! بدأ هذا الفصل بنقاش حول هذا الموضوع، ثم استعرضنا بعضا من الأفكار الطيبة عنه. يظل كل ما اقتبسناه من قواعد صحيحا في سياق مجتمع بيومعلوماتي ناشيء. والواقع إنك إذا عدت لتنظر ثانية إلى مختلف النقاط التي أثارها منظِّرو الثورة المعلوماتية، فسترى وثاقة صلتها بما يحدث عندما تلتقي البيوتكنولوجيات بتكنولوجيات المعلومات/ الاتصالات. إن تشكيل هيكل اجتماعي جديد، والأهمية المتزايدة لعمال المعرفة، وأعْلَمة المجتمع وسَيْبَرَته، والمفاهيم المتغيرة عن الموارد، وبروز أهمية التعلم، والتكريض المتصاعد - إن هذه جميعا تبدو أبعاداً للخطوة التطورية التالية التي نتخذها، العالم الجديد الذي يتخلق مع الجنس البشري إذ يزود نفسه بالميكروبيولوجيا وبشبكة كرضية من المعلومات الإيكولوجية. من المهم جدا أن نفهم هذه الخطوة إذ نخطوها، وأن نفهم هذا العالم إذ نصنعه.

هذا ما سنحاول أن نفعله في بقية فصول هذا الكتاب. وقبل أن نمضي إلى التفاصيل، ربما كان لنا أن نتأمل بعض النقاط الإرشادية حول المعلومات إجمالا، والتي سيثبت على الأغلب أن لها بخاصة علاقةً بالحياة في المجتمع البيومعلوماتي. وهذه النقاط الأساسية - التي استخلصتُها من أعمال الكثيرين من منظِّري المعلومات والتي أضفتُ إليها بضع ملاحظات لي شخصياً - ستظهر ثانية فيما يتعلق بالكثير من تطورات البيومعلومات التي سنناقشها:

* **كل المعلومات ناقصة.** هناك دائما ما لا نعرفه. هناك دائما طريق آخر لإعادة تأطير ما هو معروف. وعلى هذا فكثيرا ما يضطر الناس إلى اتخاذ

قرارات هامة بناء على بيانات منقوصة - أمهاتٍ يفكـرن في الإجهـاض، أو قادة حكوميون يتفكرون فيما سيفعلونه بشأن تغير مناخ الكرة الأرضية.

* **المعلومات لا تقلّص مجال الخيارات. إنما توسّعه.** الأغلب أن يسعى من يواجههم قرار هام عليهم أن يتخذوه إلى الحصول على معلومات أكثر، على أمل أنَّ ما سيكشفونه سيقوم عمليا باتخاذ القرار نيابة عنهم. ولقد ينجحون بهذه الطريقة في تقليل عدد البدائل، ولكن الأمر لا يكون دائما أسهل، على الرغم من أن المعلومات المضافة قد تجعل من عملية اتخاذ القرار على الأرجح أكثر دلالة وأكثر فاعلية. إذا ما بدأ زوجان في البحث عن الطرق الممكنة لمنع الحمل أو لبدء حمل جديد، فسيواجَهان في عصر البيومعلومات بمجال مذهل من الخيارات في كلا الاتجاهين.

* **المعلومات دائما عرضة لتأويلات عديدة وتفسيرات.** البيانات لا شيء حتى نسبغ عليها معنى، حتى تُجمع في قصة - ما زلنا حيوانات حَكّاءة - ومن الممكن أن تُوَفّق كل قطعة من المعلومات داخل قصة مختلفة لها رسالة أخلاقية مختلفة - جماعة مختلفة من الأبطال والأوغاد. يذكرنا الفيلسوف ريتشارد رورتي: "من الممكن أن نجعل أي شيء رديئا أو طيبا بأن نعيد وصفه".

* **المعلومات تأتي في صُوَر عديدة:** بيانات، أساطير، صور مرئية، ما بعد النظريات. والحق أن معظم مُنَظّري المعلومات لا يَعتبرون البيانات معلومات على الاطلاق. إنها أقرب إلى ما قد تسميه معلومات كامنة. يقول دراكر: "البيانات ليست معلومات. المعلومات بيانات أسبغنا عليها الصلة والقصد". يميز كليفلاند مِثْله بين البيانات (الحقائق غير المهضومة) والمعلومات (وقائع نظّمها لك آخرون لكنك لم تستوعبها في تفكيرك - مثلا: جرائد لم تقرأها بعد) والمعرفة (المعلومات التي استوعبتها) والحكمة (المعرفة وقد تكاملت، "صيَّرتْها النظريةُ نافعةً للغاية").

* **يتحدث مختلف الناس بلغات معلوماتية مختلفة، حتى وَهُمْ يتحدثون بنفس اللغة.** كثيرا ما يتسبب الجدل العام في أن يقف مَنْ يتحدث لغة الاحصاء ضد مَنْ يتحدث لغة الأساطير – وطبيعي ألاّ يكون الاتصال بينهم على ما يرام. يَحدث هذا كثيراً في الجدل البيومعلوماتي عندما يقف العقليون ومعهم أقراصهم الصلبة المحملة بالمعلومات الاقتصادية أو العلمية، في مواجهة تعاويذ فرانكنشتاين وجايا.

* **المعلومات تتسرب.** من أهم ملامح مجتمع المعلومات اللافتة للنظر – والمحبطة لدى الكثيرين – أنْ لا أحد يبدو قادراً على إبقاء أي شيء سرا. منذ بضعة عقود حُجبت عن معظم الشعب الأمريكي حقيقة أن الرئيس فرانكلين روزفلت شخص معوق. لكن مثل هذا الخداع لم يعد ممكنا في أيامنا هذه التي تُذيع فيها أجهزة الاعلام في سعادة أدق تفاصيل حياة الأغنياء والمشاهير. ولقد أصبح تآكل السرية هذا مصدر قلق بالنسبة للبيومعلوماتية، مثل نتائج الفرز الوراثي، فالمعلومات عن القابلية الوراثية لشخص مثلا للتأثر بالمخاطر البيئية قد تستخدم في حرمانه من وظيفة أو من التغطية التأمينية.

* **يكاد يستحيل تدمير المعلومات إذا ما بُثّت.** ستكون هذه النقطة الأخيرة قاسية بالنسبة لكل من يتوق إلى حظر البيوتكنولوجيا. قد يبدو هذا أمراً جذابا، لكنه مستحيل. عليك أن تتخلص من كل معمل في العالم، وأن تراقب عقل كل عالم وطالب،وأن تمزق الإنترنت، وأن تحرق الكتب حتى أن تضيء السماء – عليك في الحق أن تلغي الثورة المعلوماتية برمتها. لكن تبقى البيوتكنولوجيا، فللمعلومات مهاراتها الخاصة للبقاء.

صورة البيومعلومات:

يظهر مجتمع البيومعلومات عن عمليتين متزامنتين: زيادة المعلومات البيولوجية – كذلك النوع الذي ينتج عن مشروع الجينوم البشري، وعن

المشروع الدولي للغلاف الصخري والمحيط الحيوي – والنمو المتفجر لنظم المعلومات والاتصالات. تنمو هذه الآن بسرعة، لتوسس روابط جديدة، تمتد وتندمج مثل الشبكات العصبية التي تنمو في مخ طفل. وكما سنرى، فإن كل الكائنات الحية على الأرض، كل النظم الإيكولوجية، كل النظم الجيولوجية والأرصادية، كل هذه تتحول لتتصل بالنظم البيومعلوماتية الجديدة.

نتحرك في حياتنا اليومية إليها ومنها بطرق عديدة قد تبدو عادية: أن تُطَعَّم ضد مرض، أن تستخدم عدة تشخيص منزلية، أن تشاهد حالة الجو في التلفزيون، أن تشتري بذور أصناف جديدة من النباتات لحديقة منزلك، أن تتبرع بالدم أو أن يُنقَل إليك دم، أن توقِّع على استمارة تسمح بنقل أعضائك إلى آخرين عند وفاتك. كل واحدة من هذه تربطك بنظام بيومعلوماتي، وكل النظم تتغير، ومعظم هذه الأفعال التي نقوم بها روتينيا ونأخذها قضية مسلماً بها – فلا نلحظها – كانت كفيلة بأن تعصف تماما برءوس الناس منذ بضعة أجيال لا أكثر.

يتشكل المجتمع البيومعلوماتي من العديد من أمثال هذه النظم، ومن الروابط التي تربط ما بينها. إنها ليست مجرد خط أنابيب محايد من البيانات، إنها أيضا – كما سنرى في الفصول التالية – توزع القوة والثروة؛ فما تحويه من معلومات كثيرا ما يكون مسألة حياة أو موت، بالمعنى الحرفي للكلمة. ثم إن المعلومات كثيرا ما تكون محل خلاف. فمنظمات المعلومات – مثل اتحاد بيوت العلاقات العامة وجمعيات حماية المستهلِك – قد تحارب بعضها بعضا، في بعض الأحيان، داخل المجتمع، تماما مثلما تتحارب النظم البيولوجية أحيانا داخل أجسادنا.

وهذا المحيط البيومعلوماتي المتغير أبداً هو البيئة التي بها نحيا الآن، ومن ثَمَّ يصبح البقاءُ من الآن فصاعداً هو قضية أن نتعلم التكيف معها – بينما نتعلم

في الوقت نفسه كيف نكيفها لنا – فهي على أية حال من صنعنا نحن. إننا نحيا بها، وهي تكمن بداخلنا، إنّا – لكل الأغراض العملية – هي. ربما كان هذا حقا هو الجزء من التغير الحالي الأصعب في الفهم، أو حتى في الملاحظة – رغم وضوحه إلى حد ما.

الجزء الثاني

الحياة المتغيرة للجسم البشري

الفصل الخامس
الزَّيْد ، قديمُــه وحديثُــه

كانت نسبة الانتصاب ثلثين أو ثلاثة أرباع، وكان هذا يتسبب أحيانا في مشكلة لانثنائه أو التوائه أو انسلاله، ولذا فقد كان النجاح يعتمد على مدى تعاون الرفيقة. ليس في هذا ما يطلبه من يريد المتعة. ولولا العضلة العاصرة التي نُقلت لي، لاخترت النوع القابل للنفخ، لكنني أزكي وبشدة المغروسةَ المَرِنَة في مثل هذه الأحوال.

ـ إرف ، مريض أجريت له جراحة ترقيعية.

كبشر، كحيوانات مزيدة، نحن نحيا في تكافل مع معلوماتنا وابتكاراتنا. نتغير عندما تدخل إلى حياتنا معلومات جديدة وابتكارات جديدة، فنصبح ضربا آخر من الحيوانات. لكن يندر أن ندرك بعد أن نتغير كم أصبحنا مختلفين عما كنّاه قبلا. ننسى ما حدث من جيشان وقت التحول، تذوي المعلومات الجديدة تخبو في خلفية الحياة، تؤخذ الابتكارات قضيةً مسلماً بها. مَنْ مِنّا ينفق وقته يعجب بالفاكسينات في عروقنا،أو بالنظارات فوق أنوفنا، أو بالحشو داخل أسناننا؟ لو انا انتبهنا حقا إلى الثورات التي انقضت فلربما استطعنا أن نتحرك بشكل أكثر فعالية نحو العالم الثوري الجديد، عالم الحاضر والمستقبل.

خدعة الدكتور جينَّر

خذ مثلا حكاية التحصين. إنه لشيء رائع (أليس كذلك؟) أن نحور الآن جهازنا المناعي روتينيا، مستخدمين الفاكسينات نخدع بها الجسم ليطور المقاومة ضد أمراض لم يسبق أن أصيب بها. عرف الأطباء الصينيون منذ آلاف السنين كيف يطعِّمون الناس ضد الجدري بأن يعرضوهم لإصابة بسيطة به. من بين طرق إجراء هذا أن نجفف ونسحق قشور الجلد المأخوذة

من المصابين بالمرض، ثم ننفخ المسحوق في أنف المريض من خلال ماسورة من العظم مجوفة. وهناك طريقة أخرى هي أن نولج قطعة من القطن ملوثة في فتحة أنف المريض. كانت هناك تقنيات مختلفة للتطعيم عن طريق الجلد شائعةٌ في الكثير من بلاد العالم - مثل إدخال مادة مأخوذة من بثرة جدري في جرح صغير. ثمة طريقة روسية مفضلة يُعَرَّض فيها المريض لساونا أو لحمام بخار لتُفتح مسام جلده فيُدهن بصديد الجدري ويدهك بعنف بأغصان شجر البتولا.

وعلى الرغم من أن التطعيم كان واسع الانتشار (كانت بانجلترا، في أواخر القرن الثامن عشر، عياداتُ "جدري" متخصصة) فقد كانت له عيوبه. من هذه العيوب أن الإصابة الخفيفة بالجدري، وما يصحبها من حمى وغثيان، كانت مؤلمة، بل ولقد كانت الآلام تغدو مبرحة مع النظام العنيف للنزف والتطهير الذي اعتقد الأطباء أنه يساعد على "استيعاب" التطعيم. ومنها أن الإصابة الخفيفة بالجدري الناجمة عن التطعيم كانت في بعض الأحيان من الخطورة حتى لتسبب الندوب أو العمى أو حتى الموت. ومنها أيضا أن الطبيب قد ينقل مع صديد الجدري من المصاب أمراضا أخرى - كالتهاب الكبد والجذام والزهري والسل. لم يكن ثمة فهمٍ واضح لآلية العدوى، ولم يكن هناك حتى إجماعٍ على أن المرض ينتقل فعلا بين الناس. كان البعض من الأطباء يحبذون صيغةً من نظرية "الجراثيم" التي كانت تحوم في الجو منذ قرون، لكن كان منهم أيضا من يصر على أن فكرة العدوى بين الأفراد ليست سوى تَطَيُّرٍ محض، وأن السبب في التفشي المفاجيء للمرض هو "الميازما" - دخان خبيث يخرج عن حشَثٍ أو موادٍ تتحلل في التربة، مثلما تجده في روايات إدجار ألان بو.

ولقد تتصور أن اكتشاف إدوارد جينر للتطعيم عام ١٧٩٨ - نعني أنك تستطيع أن تصيب شخصا إصابة ضعيفة بجدري البقر (غير المؤذي نسبيا) فتخدع بذلك جهازه المناعي ليطور مقاومةً ضد الجدري - تتصور أن هذا

الاكتشاف سيقابل بالترحاب من الجميع. كان الجدري، الذي دخل أوروبا مع الصليبيين العائدين، قد أصبح مرضاً خطيراً يقتل الملايين – وأغلبهم من الأطفال – ويترك الملايين ما بين أعمى ومقعد ومشوه. لكن الثورات لا تحدث بسهولة، ولقد كان كشف جينر لحالة نادرة يضفي فيها التطعيمُ ضد مرض مناعةً ضد آخر، كشفاً ثوريا من ناحيتين: فلقد غيَّر الطب (فالحق أن علم المناعة بدأ به) كما غير الحُكْم، إذ أخذ البعض ينادي ببرامج قومية للتطعيم العام. يقول أحد المؤرخين إن جينر كان أول شخص في التاريخ يحول مرضاً إكلينيكيا إلى علة اجتماعية أو مجتمعية تماما: "لقد حول الجدري ليصبح أول مرض رئيسي يمكن الوقاية منه كليةً عن طريق التدخل المجتمعي المكثف".

أصبح التطعيم موضوع جدل حار – جزئيا بسبب هذا البعد السياسي. عارضه لأسباب واضحة – إن تكن غير جديدة بالشاء – أصحاب عيادات الجدري الذين رأوا، على حق، أن عملهم سيُقضى عليه تماماً مع تحول الناس إلى طريقة أسهل وأرخص لا تتطلب دخول المستشفى. عارضَه توماس مالتوس (مُنَظِّر العالَم المكتظ بالسكان) الذي تنبأ بأن التطعيم سيطلق عنان التزايد السكاني. عارضه رجال الدين الذين اعتقدوا أن إصابة الانسان بمرض من الأبقار هو فعل غير طبيعي يعارض مشيئة الله. عارضه العلماء وأهل الطب المقتنعون بالميازما الرافضون نظرية الجراثيم. أصرت الممرِّضة العظيمة فلورنس نايتنجيل حتى آخر يوم في حياتها على أن الجدري يظهر من تلقاء نفسه في الظروف غير الصحية، دون ما سبب من الخارج. عارضه الدَّرَاوِنَةُ (ولم يكن داروين بينهم) بعد نشر كتاب "أصل الأنواع"، فقد رأوا أنه يهدم القوانين الصحيحة للانتخاب الطبيعي بأن يساعد الضعيف على البقاء، بل وربما على الإنجاب. خصص هيربرت سبنسر، الداروني المتعصب الذي صاغ عبارة "البقاء للأفضل"، خصص ردحاً طويلا من حياته في مقاومة أية تدابير قد تؤدي إلى ما أسماه "الإبقاء الاصطناعي على مَنْ هم أقل قدرة على العناية بأنفسهم". عارضه أيضا من تخوفوا من وجود آثار جانبية له، ولقد عبَّر رسَّام

الكاريكاتير جيمس جيلري عما ساد آنئذ من هلع من التكنولوجيا في رسم له عنوانه "الآثار الرائعة للتطعيم الجديد" تظهر فيه أبقار مُنَمْنَمَة تتفجر من جلد الناس.

تجمَّع المعارضون ليؤسسوا تحالفات بأوروبا والولايات المتحدة تُعَارض التطعيم، تحالفات خاضت لعقود طويلة معارك عنيفة ضد مصلحي الصحة العمومية الذين ظلوا يضغطون لإقامة برامج تطعيم قومية. وفي النهاية انتصرت قوى الصحة العمومية، وإن كان الملايين من الناس قد أخذوا أثناء المعركة يجرون عملية التطعيم بصورة شخصية. انتشرت المعلومات في العالم بأسرع من انتشار الجدري ذاته. كانت معظم الحكومات بطيئة في تبني برامج التطعيم العمومية، لكنها كانت أيضا بطيئة في اتخاذ التدابير التي تحظر التطعيم، فسمحت للناس بتطعيم أنفسهم وعائلاتهم ومرضاهم إذا كانت لديهم الفكرة العامة عن كيفية اجراء التطعيم وتمكنوا من الحصول على جدري البقر. كان انتشار التطعيم على وجه العموم مفيدا، وإن كان من الطبيعي أن تقع بعض الحوادث المؤسفة والفواجع والمحاولات الفاشلة. وفي عام ١٩٧٧ أبلغ عن آخر إصابة بالجدري – كانت لرجل من الصومال.

وعلى هذا، فبعد أقل من قرنين من إجراء أول تطعيم على يدي جينر، لم يعد الجدري واحداً من الأسباب الكبرى للعذاب البشري، وإنما أصبح تحفة طبية غريبة. أما آخر السلالات الباقية من الفيروس فتقف تنتظر الموت، مجمدةً في النتروجين السائل في معملين يقعان تحت حراسة صارمة – واحد في أطلانطا والآخر في موسكو – بينما يتجادل العلماء والرسميون فيما إذا كان من الأفضل تدميرها أو ابقاؤها حية للبحوث القادمة. لقد تغير سبيل التطور البشري بعد أن أنقذ التطعيم ملايين الأرواح، كما تغيرت أيضا السيرة التطورية لفيروس الجدري: ثمة أمل كبير في أن يصبح أول نوع يقضي عليه الانسان عامداً.

في خلال فترة المائتي عام هـذه، تغير الكثير. أصبح علـم المناعـة وعلـم الأوبئة علمين من العلوم الهامة، لهما شبكات دوليـة لتبـادل المعلومـات. في عشرينات القرن الماضي تمتعت جبهـة الميازمـا بفـترة قصـيرة مما بـدا نصـراً حاسما، عندما توصل أطباء فرنسيون، مـن دراسـة وبـاء الحمـى الصفـراء في برشلونة، إلى أن المـرض لا يمكـن أن يكـون قـد انتشـر بـالعدوى - لكنهـم أجبروا على التقهقر عندما التقي الميكروسكوب بالطب وتمكن العلمـاء مـن رؤية الجراثيم بأعينهم المزيدة. قبِل التطعيم شأنا من شئون السياسـة العامـة، لم تقبله الحكومات القومية فقط وإنما أيضا المؤسسات الدولية، مثـل منظمـة الصحة العالمية. تغير فهـم النـاس للأمـراض المُعْدية تغـيراً جذريـا، وأخـذت الفرق الطبية تجوب العـالم تطعِّـم النـاس بـالملايين. تحـول رأي النـاس فيهـا، وتعاملوا معها بطـرق مختلفـة، واجتُذِبوا إلى شـبكات كرضيـة للمعلومـات والاقتصاديات والسياسة العامة. واليوم، ومع انتشار مرض الإيـدز في العـالم كلـه، فإنـا نتوقـع ونطلـب أن يتصـدى لـه البعـض - البحـاث، والأطبـاء، والحكومات.

علم المناعة : الانفجار الهادىء

عندمـا طـور جونـاس سـولك فاكسـيناً ناجحـا ضـد شـلل الأطفـال في خمسينات هذا القرن، عمت الأخبار الأرض تزف هذا الانجاز الخطير. ونحن نتوقع اليوم أن يُعلـن دوريـا عـن فاكسـينات جديـدة ضـد أمـراض لم تكـن الوقاية منها ممكنةً قبلا، حتى ليصبح من الصعب حقـا أن يحظـى أي إعـلان كهذا بالعناوين في الصفحـات الأولى. ولقـد حظـي الإعـلان عـن فاكسـين جديري الماء باهتمام الجماهير عندما أُجيز في أوائل عام ١٩٩٥، على الرغم من أن المرض نادراً ما يتقدم ليسبب مضاعفات خطيرة، كالالتهاب الرئـوي مثلا أو التهاب المخ. ولو ظهر يوماً فاكسين للإيدز، فـلا شـك أنْ سـيكون أخطر الأنباء العلمية في العالم كله.

أما الوضع عند تحرير هذا الكتاب - فالأوضاع تتغير بسرعة في حقل المعلومات - فهو بالتقريب كما يلي: تتقدم البحوث الأساسية بسرعة - ومشروع الجينوم البشري على وجه الخصوص - لتضع الأساس لتقدم مستمر في التحصين ضد الكثير من الأمراض. وهذا صحيح حتى مع تزايد شحة التمويل الفيدرالي بالولايات المتحدة. لو ان المناخ السياسي والاقتصادي كان مختلفا، لو ان بيت المال كان أكثر سخاء، إذن لتقدم البحث الأساسي بخطى أسرع حتى من هذا. في نفس الوقت سنجد أن معامل شركات البيوتكنولوجيا بالدول المتقدمة تنفق ملايين الدولارات في البحوث الموجهة نحو تطوير فاكسينات جديدة يُظَن أن لها سوقا رابحة.

سنجد في غير هذه من الدول فِرَقاً من العلماء - بعضها ممول جيدا والبعض ليس كذلك - تعمل لإنتاج فاكسينات لأمراض تصيب الناس في المناطق الأقل ترفاً من العالم. من الأنباء التي تسعد حقا ما جاء من كولومبيا، حيث يبدو أن الدكتور مانويل باتارُّويو قد طوَّر فاكسينا ضد الملاريا.

والملاريا من أكثر الأمراض فتكا بالبشر، في مثل خطورة الجدري أيام أوْجه - وهي، مثل الجدري وشلل الأطفال، من أكثر الأمرا ض فتكا بالأطفال. تسمى أحيانا "ملكة الأمراض"، فهي تصيب ٣٠٠ مليون شخص سنويا، وتقتل في كل عام مليون طفل في أفريقيا وحدها. هناك الكثير من الأدوية، لكن ليس ثمة شفاء أكيد، وليس ثمة علاج وقائي. يسبب الملاريا طفيليٌّ يهاجم مجرى الدم، ويكمن في الكبد، ويصيب خلايا الدم - وللأمراض الطفيلية سمعة غير طيبة في عدم استجابتها لأي نوع من الفاكسينات. أمكن إبادة الملاريا من بعض المناطق لفترة محدودة باستخدام الـ"ددت" - وذلك بقتل البعوض الذي يحمل الطفيلي - لكن البعوض تمكّن من تطوير مقاومة لهذا المبيد، لترتفع ثانية حصيلة الملاريا من المرضى. لكن أثر الملاريا يمتد لأبعد من عدد الوفيات: فالكثيرون يعانون من الملاريا على

نحو متقطع طوال حياتهم، وتكون النتيجة حالة مزمنة من تدهور الصحة والإنتاج.

ولقد كانت الملاريا قضية سياسية أيضا - إنما بطريقتها الخاصة. لقد ارتاب القادة في الدول النامية، السياسيون منهم والعلميون، في أن فاكسين الملاريا ليس بالمرشح الجذاب لدى شركات القطاع الخاص البحثية. ثم تحقق ظنهم هذا عام ١٩٨٤ عندما سعت منظمة الصحة العالمية تطلب العون من شركة جينتيك - إحدى شركات البيوتكنولوجيا بكاليفورنيا - لتطوير وتسويق أول نموذج لفاكسين الملاريا. فحصت الشركة احتمالات تحقيق الأرباح لحاملي أسهمها من مثل هذا المشروع، وقرر نائب الرئيس لشئون البحوث أن "تطوير فاكسين للملاريا لا يتفق مع استراتيجية عمل جينتيك". ولقد كان الرجل على حق من وجهة نظره كمدير، ومن ثم جرى معظم البحث الجاد عن فاكسين الملاريا بالولايات المتحدة في العقد التالي، جرى عن طريق مشاريع تمولها وكالة التنمية الدولية والمؤسسات الخاصة. قامت وزارة الدفاع برعاية البحث وفي ذهنها تحصين الجنود الأمريكيين المقيمين بالخارج.

أثار فاكسين باتارُويو قدراً كبيرا من الجدل، لأن بعض نتائج الاختبارات قد أشارت إلى أن فعاليته لا تزيد عن ٣٠- ٣٥٪، ولأنه كان من الصعب أن يقبل العلماء بالولايات المتحدة وأوروبا أن يصدر مثل هذا الفتح الخطير من مكان مثل كولومبيا، بل إن بعض العلماء والوكالات العالمية، مثل منظمة الصحة العالمية، قد جادلوا ساخرين فيما إذا كان هذا الفاكسين يستحق حتى أن يوضع تحت اختبارٍ واسع النطاق. وبينما كانت المناقشات محتدمة كان الدكتور باتارُويو يعمل في حمية على طراز محسَّن من الفاكسين. ثمة ملاحظة أبداها مسئولٌ بإحدى وكالات منظمة الصحة العالمية (البرنامج الخاص للبحث في التدريب على الأمراض الاستوائية) ملاحظة تقول الكثير عن المعدل السريع للتغير في مجال التحصين. كان

يتحدث معضداً مواصلة العمل بالفاكسين الأول لباتارُّويو فقال: "إنه أشبه ما يكون بشراء كمبيوتر: عليك أن تندفع لتشتري ما هو متاح الآن، والفارق الوحيد هو أنك تعلم مؤكداً أن طراز الكمبيوتر سيصبح أثريا بعد أسبوع، أما بالنسبة لفاكسين الملاريا فسيكون لدينا وقت أطول للاستفادة به".

يفتش باحثو الفاكسينات عن طرق لتحصين الناس ضد أمراض لم يسبق التغلب عليها، مثل بعض ضروب السرطان، يفتشون عن طرق أفضل لتوصيل الفاكسينات، مثل الرشاشات الأنفية أو الحبوب بدلا من الحقن، يستكشفون تقنيات جديدة مثل "محاكيات الفيروسات" التي تُبنى من شظايا بروتين اصطناعية بدلاً من الفيروسات المعيبة أو المثبَّطَة التي سببت في بعض الحالات الإصابة بالمرض المُفتَرَض أن تقي منه. والبعض من الباحثين يعملون على فاكسينات لها أغراض أخرى: ثمة قلة من المستقْبَلِيين يتنبأون بابتكار فاكسينات ضد صلع الرجال وضد تآكل الأسنان، كما أن التحصين ضد الحمل يعتبر مدخلاً واعداً. وهناك شركة شيرون الأمريكية، القائدة في مجال البيوتكنولوجيا، التي ترود الآن تطوير فاكسينات "ما بعد الإصابة"، فاكسينات يمكن أن تقلل من حدة أمراض مثل الهِرْبِس بعد أن تصيب الشخص.

أنت لا ترى الفاكسينات تعمل، ليس من شواهد كثيرة تظهرعلى جسم الانسان تدل عليها – اللهم إلا ندبة التطعيم ضد الجدري – لكن الجسم المُحَصَّن – رأيته أم لم تره – هو جسم مَزِيد بيوتكنولوجيًّا، ويختلف اختلافا هائلا عن آخرَ لم يُحصَّن. وهناك أعداد تتزايد من البشر يتحركون بيننا الآن وأجسامهم مَزِيدة بطريقة أو بأخرى، تركيبيا وعضويا.

الجسم البيوني (البيوإلكتروني)

من زمان بعيد مضى، بدأ الناس يفكرون في طرق تعوضهم عما يصيبهم من حوادث كتلك التي تقضي على حياة الرئيسات الأخرى إن وقعت

عليهم – عصا مثلا تساعد الشخص على المشي إذا كُسرت ساقه، أو رِجْل خشبية لمن فقد قدمه. تحكي السجلات القديمة عن استعاضات أكثر طموحا، كالأذن الاصطناعية أو الأنف الاصطناعي. ولقد تعوَّد الناس في القرون الأخيرة على الكثير من الأدوات التي تحاول بطريقة أو بأخرى تعويض آثار الأضرار أو الأمراض أو كبر السن: نظارات، أعين زجاجية، أبواق سمع، أطقم أسنان، خصلات شعر مستعار، أطراف اصطناعية متزايدة التعقيد. ثم طَوَّرَ التلفزيونُ، في السبعينات، هذا إلى مستويات خرافية مع ابتكاره الرجل البيوني، وهذا رائد فضاء تهشم بشدة في حادثة مؤسفة لصاروخ عند اطلاقه، ثم قام العلماء بإعادة بنائه فيما يشبه المعجزة. يقول صوت المعلق في مقدمة كل حلقة: "يمكننا أن نجعله أفضل مما كان، أسرع... أقوى". صنعوا له ذراعاً آلية قوية يمكن بها أن يدفع الأشرار إلى الحائط فيمروا خلاله، ورجْلين قويتين يمكنه بهما أن يجري أسرع من الرصاصة، وعين زوَّالة يمكنه تقريبها وتبعيدها لرؤية الأجسام البعيدة. أما الشيء الوحيد الذي كان على ما يبدو أبعد من متناول العلم في ذلك الحين فهو القدرة على زرع موهبة التمثيل في نجم المسلسل!

أدْخَل مسلسل "رجل بستة ملايين دولار"، وشبيهه مسلسل "المرأة البيوتية"، أدخلا كلمة بيوني إلى معجم ألفاظ عامة الناس. ونحن نسيء في الواقع استخدام الكلمة في أيامنا هذه – فهي تعني، تقنيا، لقاء البيولوجيا بالإلكترونيات، ومعظم الأجهزة التي تزرع في أجساد البشر ليست إلكترونية – لكن هذا لا يهم حقا، فاللغة التي تعلمناها منذ عقود قليلة لم تكن تحوي كلمة تغطي كل ما نفعله الآن لإصلاح وتحسين وتجميل – بل وفي بعض الحالات إنقاذ – أجسام البشر. وكان أن قامت كلمة البيوني بالمهمة (ومثلها أيضا كلمة "الترقيع" القديمة، وهي الأخرى ليست بالكلمة المضبوطة تماما).

منذ زمن ليس بالبعيد كنت أركب دراجتي أتنزه في عطلة نهاية الأسبوع بين مزارع الكروم في كاليفورنيا، عندما قابلت كهلا. تحدثت معه فذكر لي أن له مفصلَ ورك اصطناعيا. قال إنه قطع بدراجته ذلك اليوم أربعين ميلا، أو ما أقرب، وأكد أنه لم يشعر بأية متاعب، كما أخبرني أن تسليته المحببة هي الرقصة التربيعية. هذا الرجل بيوني حقيقي يرشف كأس النبيذ في فندق جيسرفيل.

لم تعد المفاصل الاصطناعية - الكتف والمرفق والرسغ والورك والركبة والكاحل، التي يتحرك بها الملايين من الناس - تثير انتباها خاصا في هذه الأيام. إنما يثير الانتباه غيرُ هذه من الأجهزة الآلية: ضابط النبض، آلة بيونية تنظم ضربات القلب - العاصرات الاصطناعية، التي تزرع قرب مثانة الرجال والنساء، ويمكن لحاملها أن يشغّلَها بالضغط على مضخة صغيرة مزروعة في الصفن أو في شفرتيْ المهبل - جراحات "ترقيع" القضيب (وهذه ليست ترقيعا بالمعنى الحقيقي لأنها لا تستبدل العضو الفعلي) عن طريق مغروسةٍ مرنة أو عن طريق زرع أنابيب قابلة للنفخ لتمكّن العاجزين جنسيا من الانتصاب - بنى اصطناعية للأذن الداخلية لاستبدال العظام الرهيفة التي أفسدها مرض مزمن - مولّجات من إلكترودات بقوقعة الأذن الداخلية أعادت السمع إلى الآلاف من الصمِ. هذه حتى الآن هي أعقد الأجهزة الالكترونية التي تزرع في البشر، وتختبر الآن كمبيوترات منمنمة توضع داخل العين كطريقة يستعيد بها الأعمى جزءاً على الأقل من بصره.

ولقد تطور مع مثل هذه الأدوات مفهوم جديد في الطب. فالمعروف أن هناك ثلاثة مفاهيم في الطب: الطب الوقائي (تجنب المرض) والطب الملطِّف (تخفيف المرض) والطب العلاجي (إيقاف المرض). أما الآن فقد أضيف مفهوم رابع: الطب الاستبدالي أو التعويضي - التمكن من وسائل لاستبدال جزء من الجسم (مفصل مثلا) أو وظيفة (نبض القلب الطبيعي مثلا).

ليس من الممكن أن تجعل كل هذه الأجهزة تختفي داخـل الجسـم، أو أن تقوم بعملها البيوني أوتوماتيكيا فتمكّن حاملهـا مـن أن يحيـا حيـاة طبيعيـة. ولقد نتج عن الطب التعويضي أيضا أجهـزة رائعـة ذات صرير، مثـل الرئـة الحديدية التي يُحجز بها بعض ضحايا مرض شـلل الأطفـال طيلـة حيـاتهم، ومثل القلب الاصطناعي الأول الذي أبقى بارني كلارك - طبيـب الأسـنان المتقـاعد - حيـا لمـدة ١٢٢ يومـاً في عـام ١٩٨٣. أمـا أول الأعضـاء الاصطناعية فكان آلة الدّيْلَزة، وهذه جهاز عسير الاستعمال فعال جـدا بـدأ باستخدامه الدكتور ويليم كولف، مبتدع الطب البيوني، عام ١٩٤٣ علـى المرضـي ذوي الكُلى المعطوبة. استمر الدكتـور كولـف في ابتـداع صـور جديدة كما هو الحال معه - صنع في الستينات آلات جيـدة مـن ماكينـات الغسيل - ولقد خطت هذه التكنولوجيا خطـوات واسعة خـلال مـا يزيـد على الخمسين عاماً من تاريخها، وهنـاك الآن مـا يقـرب مـن نصـف مليـون شخص يعيشون على آلات الديلزة، ومنها موديلات عديدة (مـن بينهـا مـا يسمى الكُلى الاصطناعية) هي في واقع الأمـر آلات ديـلزة محمولـة - لكـن ليس منها حتى الآن ما يمكن اعتباره بديلا ملائما للكلية البشرية الحية.

في هذه المرحلة من تقدم الطب التعويضي، تبدو الأجهزة المزعجة - مثل آلة الديلزة أو القلب الاصطناعي - مُرْضية تماما إذا مـا استُخدمت كبدائـل **مؤقتة** - تُبقي المريض حيا حتى يبـل مـن مـرض حـاد، أو حتـى تُجـرى لـه جراحة، أو حتى يُنقل إليه عضـو. لكـن كـل شـيء يتحـرك، وسيتغير هـذا مؤكدا. ومثل الكثير من الثورات التي تحكي عنها في هذه الصفحـات، فـإن البيوإليكترونيات ثورة طفلة، وإن كانت قد أصبحت رغم صغر سنها فرعـاً محترماً من الطب، كيانا متناميا مـن البحـث العلمـي، كمـا أصبحـت أيضـا صناعة مزدهـرة. بهـا ثـروات هائلـة، وعنهـا تظهـر - علـى نحـو دوري - منتجات جديدة.

والبعض من منتجات المستقبل ستكون تحسينات على المنتجات القديمة – أطراف أفضل ومفاصل وضابطات نبض ومغروسات. وآلات ديلزة محمولة حقا – لكن هناك احتمالات بفتوح رائعة. يتوقع البعض ابتكار أعين اصطناعية وآذان، لا تكون مجرد بدائل تجميلية وإنما أعضاء عاملة فعلا قادرة على الإحساس بالضوء والصوت تنقل الإحساس إلى المخ. يعمل الباحثون على مواد أقرب إلى العظام البشرية وأنسجتها، بل ويُعاد "امتصاصها" في الجسم مع الوقت ليحل محلها العظم الطبيعي وأنسجته. من بين هذه المنتجات عجينة يمكن حقنها من خلال الجلد إلى العظمة المكسورة حيث تتصلب بسرعة إلى مادة تشبه العظم الطبيعي بل وأقوى، ثم يحل محلها بالتدريج عظم حقيقي مع التئام الكسر. وغضاريف الاستبدال "زَيْدٌ" طبيعي نسبيا، لأنها تتخلق عن تنميةِ خلايا غضاريف الفرد نفسه في مستنبت، ثم حقنِ النسيج الناتج في المفصل المُضار. ثمة عدد من المختبرات تعمل الآن في حمية على بدائل الدم، بأن تولج جينات بروتينات الدم في بكتريا أ. كولاي أو غيرها من أنواع البكتريا الصالحة. في السوق الطبية الآن بالفعل بدائل للجلد، وفي الطريق بدائل أخرى. من بين هذه منتَج يُصنع بأخذ خلايا غلفة الأولاد الذكور بعد الختان، ليضاف اليها كولاّجين من الأبقار مُنَقّى، ثم يُستزرع المزيج الناتج في بيئة غذائية.

أما عن بيوإلكترونيات (بيُونِيَّاتِ) المستقبل، فالبعض منها مما يمكن التنبؤ به، بينما يستعصي البعض الآخر على التنبؤ. يمكننا أن نتنبأ بتقدم علم/ صناعة/ فن استبدال أعضاء جسم الانسان ووظائفه – ربما بسرعة كبيرة، لكن بالطبع ليس بالسرعة التي يأملها مَنْ يحتاج هذه الأعضاء. لكنا لا نستطيع أن نتنبأ بأفضل ما سيصلح من مواد ومداخل وتكنولوجيات. ثمة حصان غير متوقع قد يفوز في هذا السباق: تجديد الأعضاء – تنمية عضو كامل من بضع خلايا. يقول أحد الباحثين: "إذا أمكن مثلا أن تبدأ بخلايا الفرد ذاته فتجدد منها كبده، فإنا بذلك نتجنب مشاكل رفض الأعضاء، أو ما يرتبط بها من معضلات في كبت المناعة. ومثل هذا الفتح سيسمح بعلاج

عدد من الأمراض مثل استبدال البنكرياس لدى مرضى السكر، وتجديد الأمعاء في التهاب غشاء القولون المتقرح وما يرتبط بع من علل الأمعاء.

وظني أننا سنرى لقاءات أكثر - استبدال أجزاء من الجسم مُهَنْدَسَة جزئيا عن خلايا حية وأنسجة، وجزئيا عن عناصر ميكانيكة وإلكترونية. هناك بالفعل إشارات على أن هذا يحدث، لكنا نستطيع أن نقول إن الطب التعويضي يتقدم الآن في واحد أو اثنين من طريقين ليسا منفصلين تماما: الأدوات الاصطناعية، ونقل الأعضاء.

قلوب جديدة لكبار السن:

لا تزال البيونيا تحمل، لدى الكثيرين منا، مسحةً من شذا الخيال العلمي - على الرغم من الاحتمال القائم بوجود شخص ما في عائلتك يحيا بضابط نبض أو بمفصل اصطناعي. أما نقل الأعضاء - وهو انجاز لا يقل في تعقيده التكنولوجي عن البيونيا - فينتمي إلى عالم الأدب المسرحي. هناك شيء ما حول نقل الحياة من شخص إلى آخر - أن نأخذ عضوا من شخص ثم نزرعه في آخر - شيء يلاحقنا حيث كنا.

نقرأ إذن وتحرِّك مشاعرَنا قصة الأبوين الأمريكيين اللذين قُتل ابنهما ذي السنوات السبع في إيطاليا برصاصة طائشة أطلقها لص - فرتبا الأمر للتبرع بأعضائه للأطفال الإيطاليين. ونذكر لا زلنا الفيلم المؤثر الذي بثته إحدى محطات التلفزيون عام ١٩٩٥ تحت عنوان "قلب لأوليفيا"، عن طفلة نورث كارولينا التي كانت أصغرَ مَنْ زُرِع به قلب جديد - كان عمرها أقل من ساعتين. (كان قلبها المصاب بتشوه قاتل قد اكتُشف وهي لا تزال جنينا في شهره الخامس؛ وكان صاحب القلب طفلا ولد بمخ ميت في سبوكين واشنطون).

وتاريخ زرع الأعضاء أقصر من تاريخ البيونيا والجراحة الترقيعية. هناك بالطبع أساطير عن محاولات لزرع أطراف وأنوف وآذان وجلد، بل وحتى أعضاء داخلية. ولقد تم بالفعل بعض التقدم في جراحة نقل الأعضاء في

أوائل القرن العشرين – لكن معظم هذه المجهودات، حتى ما بدا منها في أول الأمر أنه ناجح، أحبطته استجابة الجسم بالرفض.

أما ما حدث مؤخرا من زيادة مذهلة في عدد العمليات الناجحة لنقل الأعضاء، فيرجع جزئيا إلى ما تم من تقدم في تقنيات الجراحة – وقد تم الكثير منها على الحيوانات – لكن الجزء الأكبر يرجع إلى التقدم في علم العقاقير. كثيرا ما تبدو عملية النقل نجاحا مدوِّيا – تدب الحياة بالكُلية المنقولة كما لو كان الأمر سحراً، وتكتسب اللون، وتبدأ في العمل – ثم تتحول لتصبح كارثة عندما يكتشف الجهاز المناعي للمتلقي العضو الغريبَ، فيدمره. ولقد غيرت البيومعلومات الجديدة هذا. اكتسب علماء الطب تفهمنا دقيقا يتزايد للطريقة التي بها تَصنْع الاستجابة المناعية ما تصنع. ثم أنعم الله عليهم بالكشف الرائع عن عقار يمكن استخدامه في معادلة هذه الاستجابة.

طورت شركة ساندوز السويسرية للعقاقير هذا العقار (سيكلوسبورين أ) من فُطر نادر له قرابة بعيدة بالفطر الذي أنتج البنسلين من عقود معدودة. بدا كشفه كالصدفة السعيدة – بل ولقد كان، بشكل ما، هكذا فعلا – لكنه كان أيضا نتيجةالاجراءات التي صُمِّمَت بحيث تجعل مثل هذه المصادفات ممكنة. صدرت التعليمات لعلماء ساندوز بأن يعودوا بعينات من تربة أي مكان يزورونه. وعاد بعضهم من رحلة بالنرويج ومعه كمية من تربة سهول التندرا. حُللت هذه إذن، فوجدوا أنها تحمل فُطراً رأى الباحثون أنه قد يصلح كمضاد حيوي أو مضاد للفطر – لكن نتائج الاختبارات لم تكن مشجعة، فأُهمل على الرف بجانب ما لا يعد أو يحصى من العينات المجلوبة من هنا وهناك، إلى أن اكتشف أحد البيولوجيين بالشركة أن لهذا الفطر خصيصة رائعة هي كبت الاستجابة المناعية دون أيٍ من الآثار الجانبية التي تحدث عن العقاقير الأخرى. وحتى مع هذا، فقد تطلب الأمر وقتا لإقناع الإدارة بالبدء في إنتاج العقار واختباره عند نقل الأعضاء – تطلب

الأمر ثلاثة عشر عاماً منذ وصلت العينة من النرويج عام ١٩٧٠ وحتى صرحت مصلحة الغذاء والدواء باستخدام السيكلوسبورين (سنة ١٩٨٣). وبسرعة، أصبح هذا العقار هو ثالث أكبر منتجات الشركة مبيعا في العالم – في الولايات المتحدة أولاً حيث تجرى معظم عمليات نقل الأعضاء. يقول الصحفي الطبي مارك دووي: "ربما لا يكون السيكلوسبورين قد ثوّر الطب، ولكنه بالتأكيد قد ثوّر نقل الأعضاء، وقد يُثوِّر نقلُ الأعضاء الطبَّ".

وعلى الرغم من أن السيكلوسبورين هو أبعد عن أن يكون العقار الكامل المضبوط، فإن فيه ما يكفي لجعل نقل الأعضاء إجراءً طبيا شرعيا يتزايد استعماله، وفيه ما يكفي لتسهيل تطوير كل ما يلزم من تغيرات من أجل هذا الاستعمال: تحسينات في الجراحة وفي طرق التخزين الاحتياطي للأعضاء، ونقلها، سن القوانين والتشريعات الجديدة، تغييرات في القيم الاجتماعية والرأي العام، وضع نُظُم جديدة للمعلومات لتسهيل الربط بين الواهب والمتلقي.

أتصور أنه قد يبدو لبعض القراء أن اتجاهي تجريدي وبعيد، في جدلي حول عصر المعلومات إذ يخلق نماذج كرضية جديدة للربط بين الناس. فإذا لم تكن من العلماء، فقد لا تثيرك كثيرا النُظُم الشبكية لبنوك المعلومات وقواعد البيانات. لكنك إذا نظرت إلى القوائم المتزايدة الطول لمن يطلبون نقل الأعضاء، وإلى الشبكات المتزايدة العدد لتبادل المعلومات، وإلى الأعداد المتزايدة ممن يعيشون بقلوب منقولة من آخرين، وكُلى، وقرنيات، ودم، وأنسجة، فمن الصعب ألاّ تُدرك أننا قد أصبحنا مترابطين بشكل لم يسبق أن كانه أي نوع آخر – لا أقصد فقط مترابطين مع آلاتنا، وإنما مترابطين أيضا مع بعضنا بعضا.

التغذية البيولوجية المرتدة:

من بين أعجب ما أذكره عن أواخر الستينات، أنني كنت أتخذ طريقي في دروب لوس انجيلوس متجها إلى معمل أبحاث فضاء، وهناك أمضي إلى

حجرة هادئة مظلمة، فأجلس ساعة أونحوها مستغرقا في التأمل وثمة إلكترودات متصلة برأسي .

كان هذا جزءاً من برنامج بحثي يقوده سيكولوجيون يَدْرِسون قدرة الناس على ممارسة السيطرة المتعَمَّدة على نماذج موجات مخاخهم. كنت واحدا من المتطوعين، وكان عليَّ أن أتعلم كيف أصل إلى حالة "الموجة أَلْفَا" – التي تُقاس بمَرْسَمَةِ موجات الدماغ – والتي أثبتت الأبحاث مؤخرا أنها الحالة التي يصلها المتأملون المتقدمون. وعلى عكس هؤلاء، فقد تميزتُ بنظام إلكتروني مرتد يُصدر همهمة مستمرة مقبولة، عندما يصدر مخي النقرات الصحيحة. بسرعة تعلمت – مثل معظم من يؤدي هذه التمرينات – أنني أستطيع بسهولة أن أبلغ حالة أَلْفَا، دون أن أدرك تماما كيف أفعل ذلك. أستطعتُ السيطرة على موجات مخي.

ارتددت إلىّ هذه المغامرات البيولوجية المبكرة عندما قرأت عن التجارب التي يستخدم فيها الناس موجات المخ في تحريك شفرة على شاشة الكمبيوتر، أو حتى في التحكم في حركات محاكيات الطيران. أجريت التجارب على الكمبيوتر بمركز وادزويرث في ألباني نيويورك. يجلس شخص، تتصل بفروة رأسه إلكترودات، أمام شاشة ينظر إلى شعرة وإلى هدف قائم الزاوية على ركن من الشاشة. والكمبيوتر الذي تتصل به هذه الإلكترودات، مُبَرْمج لترجمة الانبعاثات الإلكترونية الضعيفة، التي يصدرها المخ، إلى حركةٍ للشعرة. ومهمة الشخص هي أن يشاء أن يُدخل الشعرة في الهدف، الذي قد يحركه المجرب من ركن إلى آخر لمجرد أن يبقى الأمر مثيرا. تمكَّن الأكثر خبرة من الأشخاص من وضع الشعرة في الهدف في سبعين محاولة من مائة. قال معظم الأشخاص إنهم استخدموا في البداية التصور الذهني البصري في تحريك الشعرة؛ فلقد يفكرون مثلا في شيء طافٍ يدفعها في رفق إلى أعلى، لكن لم يعد من الضروري بعد فترة أن يستدعوا مثل هذه

التصورات. أصبح في مقدورهم تحريك الشعرة حتى أثناء تحدثهم مع شخص آخر. لكنهم لم يعرفوا كيف يقومون بذلك.

كان المفحوصون في مشروع السيبرناطيقا البيولوجية الذي نُفِّذ في قاعدة رايت – باترسون الجوية بأوهايو – كانوا يُربَطون بالأسلاك في طائرة مُقلَّدة – صندوق كبير بلا نوافذ. تعلّموا كيف يكيفون موجات مخاخهم (دون لمس مفاتيح التحكم) ليرسلوا إشارات تتسبب في أن يتدحرج المحاكي من جانب إلى آخر، كما يحدث عندما تُحَوِّل الطائرة اتجاهها. كانت الفكرة أنه قد يتمكّن الطيارون بهذه التقنية في النهاية من أداء مهام صغيرة، مثل تغيير محطة الراديو وأيديهم حرة تفعل شيئا آخر – أو ربما مكّنتهم من أن يطيِّروا الطائرة بهذه الطريقة.

دخلت التغذية المرتدة البيولوجية – وما سبق كان بضعة أمثلة لها – دخلت الوعي العام في الستينات، أُخذت على أنها روح ذلك العصر – اكتشاف العقاقير المخدرة، التحمس للتصوف الشرقي، الشعور بأن حل كل شيء قد غدا قريبا، الدُّوَار الذي شاع حول قوى المخ غير المُستَغَلة. ولقد كانت لها أيضا ادعاءاتها عن الاحترام العلمي. كانت تستخدم الآلة، مما طمأن العلماء الأمريكيين فلم ينبذوها كموضوع سطحي. ثم إن آثارها يمكن أن تُقاس وتُختبر. ولم يكن من الصعب إثبات أن المرضى قد تمكنوا حقا من أن يتعلموا أن يخفضوا ضغط دمهم، وأن يغيروا درجة حرارة جلودهم، وأن يغيروا عدد نبضات قلوبهم.

لم تتمكن التغذية المرتدة البيولوجية من تحقيق آمالِ أكثر مؤيديها حماساً، مثل الدكتورة بربارة براون – التي كانت تجري بحثا عن هذه التغذية المرتدة في لوس أنجيلوس، تقريبا في نفس الوقت التي كنتُ أقوم فيه بدور حيوان التجارب – وادعت أنها "أقرب ما اكتُشف إلى الدواء الذي يشفي من جميع الأمراض". لكن اتضح أن "الاستقبال المَزيد للحس العميق" – كما يسمى أحيانا – له الكثير من الاستعمالات في علاج مشاكل كصداع

التوتر، وتقلص العضلات، ومتاعب الكلام – والفوبيا (الرّهــاب)، والأرق، والإدمان، والعجــز الجنسـي. ثمة دراسـة حديثـة تقـول إن "الدعـم العلمـي لتطبيقات التغذية المرتـدة البيولوجيـة قـد تزايـد بوضـوح، علـى الرغـم مـن التشكك والنقـد وتعقيـدات إجراء البحـوث ذات المعنى والجـودة في هـذا الميدان".

والتغذية المرتدة البيولوجية هي مثال ساحر معبر لفجوة مازليش الرابعة – اختفاء الحدود بين الإنسان والآلة. ولقد يبدو من السهل أن نفترض – كما يفعل الكثيرون – أن مثل هذه الروابط ستجزدنا من انسانيتنا، وسـتقلل مـن قدرات الفرد واستقلاله. لكن قدرة الشـخص تـزداد مـع "الاسـتقبال المَزيـد للحس العميق". لقـد نقضـت التغذيـة المرتـدة البيولوجيـة الفـروضَ النظريـة السابقة عن عدد المهام الجسدية التي يمكن للعقـل الواعـي أن يتحكـم فيهـا، واجهت تلك الفروض عمليا بحالة مريض السكتة إذ يوصَّل بالمرسم العضلي الكهربـائي ليتـدرب علـى تحريـك عضلاتـه المشـلولة. الآلـة ذاتهـا لا تحـرك العضلة، إنما توفـر للمريـض المعلومـاتِ البيولوجيـةَ فيسـتخدمها في اسـتعادة السيطرة على جسده. ولقد تصبح هذه جزءاً من تغير ثوري في حيـاة البشـر إذا ما استفدنا منها كما يجب.

مريض المعرفة (والطبيب المَزِيد)

يخبرنا بيتر داركر أن مجتمع المعلومات قد خلّق ضربا جديـدا مـن العمـال – "عامل المعلومات" – لا يمكـن ببسـاطة أن يُسـاس بـالقواعد الـتي كـانت تصلح أيام رجل التنظيم وهمهمة عمال المناجم. كتب هارلان كليفلاند عن "مدير المعرفة التنفيذي" الذي يحتـاج إلىتصـورٍ للقواعـد الجديـدة – وإلى أن يدرك أيضا أن القواعد الجديدة سرعان ما ستتحول إلى قواعد قديمة.

وبنفـس الشـكل، فقـد بدأنـا نكتشـف في السـنين الأولى مـن عصـر البيومعلومات أن الحفاظ على الصحة لن يظل مثلما كـان قبـلا. لقـد تزايـد عدد المجالات التي تخضع للعقل البشري وللمعلومات والخيار. منذ زمن ليس

بعيدا كانت الأمراض هي ببساطة ما يحدث للفرد منا، هي النصيب والقسمة. ولا يزال بيننا حتى الآن من يعتقد أن مرض الإيدز هو عقاب من الله حل بنا بسبب الانحراف الجنسي وإدمان المخدرات - لكن معظمنا يرى في الإيدز فيروساً قد ينتقل من فرد إلى آخر وقد لا ينتقل - تبعا لطريقة ممارسة الجنس وطريقة تعقيم الحقن. حب الخير - كما تقول ماي ويست - لا علاقة له بالموضوع، المعلومات لها كل العلاقة به.

تُحَوِّل ثوراتُ البيومعلومات الطبَّ، وهذا التحول يمضي إلى أعمق مما قد تتصوره من قراءة الأخبار عن آخر الأدوية والفاكسينات والعلاجات. الواضح أن الاختصاصيين الطبيين يستوعبون الآن الكثير من المعلومات، ويتعلمون مهارات جديدة. أما الأقل وضوحا فهو أنهم يتعلمون أساليب جديدة: استخدام النماذج مثلا في سبر جسم الانسان ومعرفة طريقة عمله. هم يُدْفَعون إلى أن يصبحوا "المُدَاوين بالمعرفة" - هم ليسوا عارفين بالمعنى العتيق فقط، وإنما هم أيضا مهرة في الإبحار داخل الشبكات وقواعد البيانات إذا ما أرادوا تعلم شيء جديد، كما أنهم عارفون بالقواعد التي بها تعمل المعلومات أو لا تعمل.

ورغم ذلك فقد لا يكون هذا كله بأكثر من قمة جبل الجليد، الجزء المرئي من الثورة الطبية الجارية، والأقل نسبيا في الأهمية. والكثير مما يتم الآن يتحدى الهياكل الأساسية للممارسة الطبية، ويَعِدُ بنهاية زمان يقدم فيه المريض في مذلة جسدَه للاصلاح، ويتقلد فيه الاطباء سلطة إلهية. يعلم الله أن هناك من حولنا الآن الكثير من الأطباء المتسلطين، وهم ليسوا بأكثر من ديناصورات. إن أفضل علاج في زماننا هذا يتضمن تعاون المريض تعاونا نشطا عارفا، والكثير من المنتجات التي تخرج عن لقاء البيوتكنولوجيا بتكنولوجيا المعلومات تشير إلى هذا الاتجاه.

هناك مثال لهذا التعاون نجده في اختبار الحَمْل بالمنزل - وهذا واحد من أول منتجات البيوتكنولوجيا مَرَّ دون خلافات تقريبا. وثمة مثال آخر هو

أجهزة الاحساس البيولوجية (وهذه آلات إلكترونية يمكنها أن تقيس أوتوماتيكيا مستويات مواد معينة). ومعضدو هذه التقنية يتوقعون أن يقوم المرضى بإجراء اختبارات الدم في منازلهم، لينقلوا المعلومات إلى المعمل، أو هم يتوقعون من المرضى بالأمراض المزمنة أن يراقبوا أَيْضَهم بأنفسهم.

تُستخدم الصُّوَرِيَّةُ البيوطبية والنَّمْذَجَة الآن ليس فقط لمساعدة الأطباء والباحثين وطلبة الطب في عملهم، وإنما أيضا لمساعدة المرضى على تفهم طبيعة مشاكلهم الطبية، وعلى أن يقوموا – بناء على المعلومات – بخيارات أفضل من بين العلاجات الممكنة.

اقترحت مقالة ظهرت بمجلة "عالم مزود بالأسلاكِ" (وايارْد) المهتمة بشئون الكمبيوتر، اقترحت "الاتصالات الموجهة نحو الصحة"(هُوتْ) كطريقة لدفع هذا الاتجاه إلى الأمام دفعة هائلة. أشارت المقالة إلى أنه "من بين كل الأفعال التي تشكل "اللخبطة" الكبيرة التي نسميها "الرعاية الصحية"، سنجد أن الغالبية العظمى ليست سوى تحويل معلومات – لا هي حقن ولا جروح ولا حبوب دواء. قد تكون المعلومات تشخيصية (أشعة إكس، دلالات حيوية، مظهر المريض وإحساسه) وقد تكون المعلومات علاجية (وَصْفات طبية وأوامر بإجراء اختبارات) وقد تكون استشارية (الالتهاب الرئوي شيء، يا طبيبي العزيز، لكني لا أحب رؤية هذه الإفرازات)، وقد تكون تعليمية (يا سيدتي، لمصلحة الجنين عليك أن تحافظي على وزنك أثناء الحمل، هذا ليس وقت "التخسيس" السريع). وقد يكون الأمر متعلقا بالفواتير وقضايا التأمين". تَذْكر المقالة أيضا أن الكثير من هذه المعلومات، حتى في أيام التكنولوجيا الرفيعة هذه "تعالَج بطرق كانت تسعد تشارلس ديكنز كثيرا"! أما الحل الذي قدمته مجلة "وايارد" فهو إقامة شبكة جديدة لتبادل المعلومات تشجع اتصالات واسعة النطاق بين المرضى والأطباء والباحثين وعمال الطوارىء والمحامين من كل لون – شبكات تضم ضحايا نفس المرض أو العلة.

كات أكثر. الواضح أن نمو الزّبْد البيوني (البيوإلكتروني) هو واقعة اجتماعية. هو لا يخلق فقط روابط ما بين البشر والآلات، وإنما يخلق أيضا ما شئت من روابط جديدة بين الناس. وهناك من الأسباب الوجيهة ما يجعلنا نتوقع أن تستمر هذه العملية. ثمة بُعد هام آخر لهذا التحول التطوري، بُعد لم نفحصه بعد. فمع تحول البشر ليصبحوا ضروبا أخرى من الحيوانات، ضروبا حياتهم مَزِيدة بطرق عدة، فإنهم سيشكّلون أيضا أنماطا جديدة من الروابط مع الكائنات الحية الأخرى. إن ما يجري من تحول تطوري قد جاء عن فعل الانسان. لكن آثاره لا تقتصر على البشر. إنه يلمس كل الحياة على الأرض.

الفصل السادس
الرابطة البشرية الحيوانية

س : أي صمام وضعوه في قلبك؟

ج : يقولون إنه صمام خنزير، لأنه جاء من قلب خنزير. أبكي في كل مرة أمُرُّ أمام طبق فيه شواء، فقد يكون ما به لحم واحدٍ من أقاربي.

ــ السيناتور جيسي هيلمز.

كل الحياة على الأرض في تفاعل – ليس هناك كائنات تحيا منعزلة حقا، من البداية إلى النهاية – وثراء الحياة لا يتجلى فقط في تنوع الكائنات، وإنما أيضا في تنوع الطرق التي بها تتعاون أو تتنافس.

هناك على سبيل المثال الدراما القديمة للصائد والفريسة – الذئب والرنة، الأسد والتيتل – وفيها يعتمد المفترس في غذائه على فريسته، لينجز المهمة الداروينية القاسية: التخلص من الضعيف وتقييد حجم القطيع.

وهناك أيضا تفاعلات ودية للدعم المتبادل. سمك اللبروس المنظِّف، المواطن المحبوب بالشعب المرجانية في الباسيفيكي. ينشيء اللبروس ما يشبه محطة الخدمة، تصطف فيها الأسماك لتحظى برعايته. فإذا ما حل الدور على سمكة تدلّت في وضع ساكن وكأنما في نشوة وفتحت فمها، ليقوم اللبروس بفحصها، ثم يلتقط الطفيليات من على قشورها وخياشيمها، بل وحتى من داخل فمها. ولقد تسبح سمكة اللبروس إلى داخل فم سمكة كبيرة تنظف أسنانها دون أن تؤكل!

كما سنجد أيضا المحتال القطيع مثل سمكة البليني التي تفتح لنفسها محطة تشبه محطة اللبروس للتنظيف. فإذا ما ارتادته سمكة كبيرة ودخلت إلى حالة النشوة قبل التنظيف، قضمت سمكة البليني من جانبها قطعةً وفرت هاربة بأقصى سرعة. وهناك النباتات المنتحِلة، مثل أوركيدة أوفريس. لهذا النبات زهرة تشبه أنثى النحل في هيئتها ونموّاتها، بل وتطلق رائحة تشبه رائحة النحلة، تغري بها ذكر النحل فيحاول التزاوج معها، وينجز بذلك عملية تلقيح الزهرة.

ثم هناك أيضا التعايش الحقيقي، كتلك التدابير ما بين النمل الأبيض آكل الخشب، والبروتوزوا التي تعيش في أمعائه. ليس للنمل الأبيض القدرة الوراثية التي تمكنه من أن يحصل على غذائه من الأخشاب، لكن البروتوزوا تستطيع: فهي تفرز إنزيما يحلل السليولوز. لا تستطيع البروتوزوا أن تحيا خارج النمل الأبيض، ولا يستطيع النمل أن يقوم بتخصصه المهني دون البروتوزوا.

تمضي في نفس الوقت بكل نظام بيئي كلُّ صُوَرِ مثل هذه التفاعلات، في نماذج معقدة تتغير أبدا. والغالبية العظمى من هذه التفاعلات غريزية، نجمت عن التطور الوراثي، تلك العملية البطيئة الغامضة من التجربة والخطأ. تعتمد النباتات والحيوانات الدنيا على البرنامج التي تولد به، أما الحيوانات العليا فالأغلب أن تنتسب إلى أنواع أخرى، جزئيا عن طريق الغريزة وجزئيا عن طريق ما تتعلمه بعد الولادة: يتعلم الذئب الصغير أن يأكل الأرنب وألا يقترب من الشيهم (أبو شوك). لا يزال العلماء يتعلمون كيف التعلم، ولا يزالون يتجادلون طويلا حول: أين تكف الجينات وتبدأ الثقافة – لكن هذا القدر واضح: لقد طور الجنس البشري مدى غير مسبوق تماما من العلاقات مع الأنواع الأخرى، ومعظم هذه ابتكارات. ولا زالت الابتكارات تتواتر، بل الحق أنها تظهر بأسرع من أي وقت مضى، تتغير العلاقة بين البشر والحيوانات الأخرى بطرق جذرية. هذا ملمح محوري للتطور الآن.

نحن و هُمْ

في الماضي، أثناء تطوره ، كان الانسان يرتجل باستمرار علاقات جديدة مع الكائنات الحية الأخرى ، ومع هذه العلاقات كان مسار التطور يتحول بالنسبة للأنواع الأخرى أيضا. أصبحت الكلاب، التي تلمها النار، رفاقا للإنسان، فقام هذا بالانتخاب فيها لينتج هذه السلسلة الهائلة من الكائنات: من الشيهواهوا إلى الداني ، من الدرواسي الشرس إلى الكلب الراعي الأنيس العصبي بعض الشيء الذي يجلس الآن تحت مكتبي يهرش. تحولت الأغنام والماعز، وكانت يوماً صيد الانسان، فغدت مستأنسة، يرعاها ويربيها، ويبعدها في آخر الأمر عن مواطنها الطبيعية إلى مراعٍ أكثر خضرة. تغيرت النظم الإيكولوجية حيثما ذهبت القطعان، وأصبحت المفترسات أعداء شعوب الرعي - الأمر الذي كان يعني أيضا أن مصيرها التطوري قد تأثر هو الآخر. كذا يمضي الأمر. درجات من التغير تنداح إلى الخارج مع كل تحول بشري، تُغَيِّرُ العالمَ وكل ما فيه.

اعتمدت شعوب الصيد والرعي علىالحيوانات فيما هو أكثر من مجرد توفير الغذاء. جلودها غدت ملابس ومأوى، عظامها أصبحت أدوات، ودهنها تحول إلى وقود ودواء. ظلت العلاقات دائما نفسية عميقة، بجانب كونها منفعية: في طقوسهم وأساطيرهم، مع طواطمهم ورموزهم المقدسة، لجأت الشعوب البدائية إلى قوة الحيوانات، التمست منها الحماية، بل وجعلتها آلهة. لا زالت الطُّوْطَمة معنا، نجدها في نمور ديترويت، سناجب منيسوتا، في أسماك القرش لسان جوزيه، في الدببة الهزلية والعُقاب إذ تتقافز على الخطوط الجانبية في مباريات كرة القدم. تتبختر الحيوانات، ترمح، تطير وتنزلق إلى ألقاب العائلات، إلى معاطف الجنود، إلى الشارات العسكرية، إلى العلامات التجارية.

لكن، على الرغم من هذا التعلق الحميم بكل أشكال الكائنات غير البشرية، وعلى الرغم من الاعتماد عليها – أو ربما بسبب ذلك – ظل الإنسان يضمر مخاوف دفينة من أن تصبح علاقته بالحيوان علاقة وثيقة – أن ينزلق هو نفسه إلى الحيوانية. تظهر صور الحيوانات بكثرة في التابوهات وفي الطواطم. وفي الفولكلور المسيحي يظهر الشرير كثيرا في صورة نصف حيوان – له ذيل وقرون وأظلاف مشقوقة. كانوا في أوروبا القرون الوسطى يعدمون الناس إذا ثبت عليهم خطيئة نكاح الحيوان، وكثيرا ما كانوا يعدمون أيضا الحيوان المسكين الذي اشترك في الجريمة.

كان الخوف من ضياع الحدود ما بين الحيوان والإنسان – لا مجرد التشكك العادي أو التقوى – هو المصدر الرئيسي للمعارضة الفظيعة التي قوبلت بها نظرية التطور لداروين. فعلى الرغم من أن كتاب "أصل الأنواع" لم يذكر شيئا صريحا عن القرابة بين القردة العليا والانسان، فقد كان الانطباع العام هو أن الكتاب يؤكد مثل هذه القرابة – هو يربط البشر بكل الكائنات الحية – "تلك القرابة، التي لم تكن على البال، بيننا وبين عيش الغراب" كما وصفها الأسقف صمويل ويلبرفورس المعارض البارز للداروينية. (كان هذا هو الأسقف الذي سأل ت.هـ.هكسلي، زميل داروين، في نقاش بينهما عمَّا إذا كانت قرابته بالقِرَدَة قد جاءته عن جدته أمْ عن جده، فرد عليه بأنه يفضل أن يكون سليل قرد لا سليل الأسقف ويلبرفورس). وهذا الخلاف – الذي لا يزال مشتعلا – هو في أصله حرب حدود، معركة للحفاظ على حدود واضحة بين حياة الانسان وحياة الحيوان. لكن، على الرغم من أن الحدود الفاصلة قد تكون واضحة في أذهان دارسي الإنجيل، فإنها بقيت أبداً غير واضحة على مستوي حياتنا البيولوجية اليومية – وتظل أقل وضوحاً طول الوقت. من بين أكبر سخريات عصر المعلومات أننا نصبح، حتى مع هذه القفزة التطورية الهائلة

التي قام بها البشر والتي تَحْمِلنا بعيدا بعيدا عن أي حيوان آخر، حتى مع هذه نبقى أكثر تشابكا مع بقية أحياء الأرض.

مزرعة الحيوانات

على الرغم من أن بعضَ استخدامات الأنسجة المُعَامَلَة داخل جسم الانسان - مثل صمام قلب السيناتور هيلمز - قد غدت أمراً روتينيا، إلا أن ازدراع أعضاء كاملة من حيوان إلى إنسان قد باءت حتى الآن بالفشل. لقد حاول الكثيرون، وأعلنوا عن ذلك أحيانا بالبنط الكبير. من بين الحالات المعروفة حالة الطفلة التي عرفها الناس باسم "الطفلة في". ولدت الطفلة بعطب قاتل في القلب، فنُقل اليها قلب بابون. ماتت الطفلة بعد ٢١ يوماً من إجراء العملية، ووُجِّه نقد حاد إلى الجراح الذي قام بالعملية. جاء النقد عن المدافعين عن حقوق الحيوان، مثلما جاء عن الكثيرين من زملاء المهنة الذين شعروا بأن تصرفه كان غير مسئول - أنه، كما يرى البعض، كان متلهفا على إجراء التجربة فقصَّر في البحث عن قلب بشري.

لكن الأعضاء البشرية المتاحة للنقل لا تزال أقل بكثير من الطلب عليها؛ يموت بالولايات المتحدة الآلاف وهم ينتظرون أن تتاح لهم الأعضاء المناسبة. يتطلع الباحثون الطبيون إلى إمكانية زرع الأعضاء الحيوانية في البشر على مستوى واسع. كتبت مجلة "بيو ساينس" تقول: "يتسابق البيولوجيون الآن لتطوير مصدر جديد محتمل للأعضاء: حيوانات المزرعة. يتصور الباحثون مزارع أعضاء تربى فيها الخنازير والأغنام، وربما أيضا غيرها من الحيوانات، ليس فقط من أجل لحومها وإنما أيضا من أجل أعضائها الرئيسية".

والمشكلة التقنية هنا - بجانب ما نعرفه من مشاكل أخلاقية وقانونية واقتصادية - هي اكتشاف وسيلة نتخطى بها جهاز المناعة البشري، الذي يقف يقظا متأهبا ضد أي نسيج غريب. يمكننا بكفاءة عالية أن نُحَيِّد خطًا

من خطوط الدفاع – خلايا ت – عند زرع عضو بشري، وذلك بعقاقير كابتة للمناعة، مثل السيكلوسبورين. فإذا حاولنا أن نزرع عضوا من نوع آخر، كانت النتيجة المألوفة هي الفشل، الرفض الحاد، بسبب سلاح آخر يسمى الجهاز المتمم – وهذا أسطول من بروتينات تتحرك دون كلل في مجرى الدم، وتتعنقد حول ما تكتشف أنه غريب، ليكون مصيره التدمير.

والبروتينات المتممة لا تُميِّزُ الأنسجة البشرية، لأن لها دفاعات خاصة – تسمى البروتينات الوقائية – مهمتها المحددة هي تحييد مثل هذا الهجوم. ينتج كل البشر هذه البروتينات طبيعيا، لكن الحيوانات الأخرى لا تنتجها؛ وهذا هو السبب الرئيسي في أن يرفض جسم الطفلة "في" قلب البابون.

والحل المنطقي لهذه المشكلة هو إنتاج حيوانات محورة وراثيا تحمل بروتينات الوقاية البشرية. ثمة عدد من الفرق المختلفة يعمل الآن في هذا الخط من البحوث، وبنجاح كبير. هناك فريق بانجلترا قام بتربية بضعة أجيال من خنازير عبر – جينية. وربما تكون التجارب الإكلينيكية على المتطوعين من البشر قد بدأت عندما يصدر هذا الكتاب، فالكثيرون ممن يعرفون أنهم سيموتون عاجلا إذا لم تزرع بهم الأعضاء التي يحتاجونها، سيوافقون على الاشتراك في أي تجربة قد تنقذ حياتهم، وهم على الأقل سيسهمون ببعض المعلومات التي قد تنقذ حياة آخرين.

فإذا ما ثبت نجاح هذا المنهج – وسينجح على الأغلب عاجلاً أو آجلاً – فسيتوفر لدينا حل فعال للعجز في الأعضاء الجاهزة للنقل، وسيُفتح أيضا فصل جديد في تاريخ رعاية الحيوان – بل وفي تاريخ الحياة على الأرض – فلم يكن هناك يوماً حيوان قادر على أن يتبادل أعضاءً منه كاملة مع حيوان من أي نوع آخر. يري جون آتكنسون، أحد قادة هذا المجال البحثي، يرى في الخنزير مرشحا طيبا جدا. يقول: "الخنازير مثالية بشكل ما، فأعضاؤها تلائم البشر حجماً، وتشريح الأعضاء يشبه كثيراً تشريح أعضاء الانسان.

ولقد تكون الخنازير الصغيرة صالحةً تماماً للأطفال المصابين بالتليف الكيسي المحتاجين مثلا إلى رئة". أضاف أن الخنازير لا تحمل إلا القليل من الأمراض التي يمكن أن تنتقل إلى الانسان. فإذا أصبحت هذه ممارسة شائعة، فمن المحتمل أن تمر الخنازير بعد ذبحها وقبل تسويقها "لتُحصد" منها الأعضاء القابلة للاستعمال البشري، تماما كما يحدث مع أجساد الواهبين من البشر بعد موتهم مباشرة. ولقد تربي الخنازير وغيرها من الحيوانات لهذا الغرض خصيصا، ليصبح اللحم هو المنتج الثانوي – فالأعضاء الحية لا شك أعلى قيمة بكثير من لحم الخنزير.

التجريب والاختبار على الحيوان

أناقش أحيانا مع أصدقائي احتمالات أن يجرى في المستقبل القريب حصد أعضاء الحيوانات للاستعمال الآدمي. لاحظت أن الاشمئزاز من فكرة استخدام أو استغلال أحياء أخرى هو رد الفعل الذي يتكرر كثيرا حتى من أناس يلبسون أحذية جلدية ولا يمانعون في التهام شريحة لحم على مأدبة عشاء ما بين الفينة والفينة. نقل الأعضاء من البشر إلى البشر، على الرغم من كل تعقيداته الأخلاقية، يبدو أسهل قبولاً.

فوق كل عملية نقل أعضاء للبشر – أيا كانت اجراءاتها الجراحية – تُحَوِّم أشباحُ كائنات لا حصر لها، صغيرة وكبيرة، ضحَّينا بأجسادها من أجل أن نعرف شيئا. تنبني كل معجزة من المعجزات الطبية على قواعد من الأحياء. أنت لا تُطَعَّم ضد مرض، أو تعالج أسنانك، أو تتعاطى دواء وصفه لك الطبيب، أو حتى تنظف أسنانك بالفرشاة، دون أن تعتمد على المخزون الهائل من المعلومات الناتجة عن التجريب والاختبار على الحيوان.

ليس لدينا إحصاء مضبوط تماما عن عدد الحيوانات التي استُخدمت في الماضي أو التي تستخدم الآن؛ لكن العدد يحسب بالملايين. هناك تقرير أصدره مكتب تقييم التكنولوجيا يقدر عدد الحيوانات التي تستعمل سنويا بالولايات

المتحدة بنحو ١٧-٢٢ مليونا، بينما يقدره بعض ممثلي حركة حقوق الحيوان بما يقرب من مائة مليون. تنتج معامل تربية تشارلس ريفر (المشهورة أيضا باسم "شركة جنرال موتورز لتربية الحيوان") نحو ١٤ مليونا من الحيوانات كل عام للمعامل. وتستخدم الحيوانات للأغراض التالية :

* **إنتاج المستحضرات البيولوجية** : تخدم الحيوانات من الأنواع المختلفة كمصانع حية لإنتاج البيوكيماويات المطلوبة للبحث أو العلاج. قمت يوماً بزيارة لمعمل تجاري ضخم باليابان – شركة هاياشيبارا – يستعمل حيوان الهامستر في إنتاج الخلايا البشرية على نطاق واسع لتصنيع الإنترفيرون.

* **التشخيص**: استعملت الحيوانات الحية كأدوات تشخيص في مجال واسع من أمراض الانسان، مثل السل والدفتريا والإجهاض المعدي والجمرة الخبيثة. كانت الأرانب وحتى عهد قريب تُستغل في تشخيص الحَمْل علميا – نعني قبل أن يظهر الحمل صريحاً – إذ تؤخذ عينة من بول المرأة ثم تحقن في أرنبة، فإذا كانت المرأة حاملا حدثت تغيرات في الأعضاء التناسلية للأرنبة يمكن ملاحظتها بالتشريح.

* **التعليم**: مرت أجيال وأجيال من طلبة المدارس الثانوية بطقوس تشريح الضفدعة في الدروس العملية. وهناك تقرير حديث يقول إن ما يقرب من ثلاثة ملايين حيوان تستخدم لهذا الغرض سنويا – الضفادع لطلبة الثانوية، والكلاب لدروس الجراحة العملية لطلبة كليات الطب والطب البيطري.

* **اختبارات السُّمِّية**: من بين أكثر استخدامات الحيوانات مدعاة للجدل اختبارات الأمان وتحديد الجرعات بالنسبة للعقاقير ومستحضرات التجميل ومبيدات الآفات والإضافات الغذائية والكيماويات الصناعية والمنتجات المنزلية. هناك طريقة معيارية، تسمى اختبار دريز، تُنَقّط فيها المحاليل المركزة من المُنتَج في عيني حيوان لفترة قد تصل إلى بضعة أيام. كان الأرنب هو الحيوان المفضل لهذا الاختبار، الذي يتضاءل استعماله تدريجيا، وإن كان لا

يزال موضع تشجيع من قِبَلِ مصلحة الغذاء والدواء الأمريكية وغيرها من الوكالات النظيرة في العديدة من الدول الأخرى.

* **البحوث:** تُستخدم روتينيا، وفي مجال واسع من البحوث الأساسية والتطبيقية، حيواناتٌ من كل نوع وحجم، من ذبابة الفاكهة إلى الشمبانزي، وتضم القائمة بالطبع الكثير من الفئران والقطط والكلاب.

لأسباب متعددة تتغير صورة التجريب على الحيوان كلية - لكن الحيوانات الحية لا تزال هي الأداة المفضلة في العديد من الإجراءات العلمية والتكنولوجية التي تجعل حياتنا أكثر احتمالاً. ونحن نجعل حياتنا أكثر احتمالاً أيضا بألاّ نفكر أو نعرف أكثر عن التفاصيل.

من سنين عديدة كنت أجلس ذات يوم في اجتماع مع الصحفيين الشبان أشجعهم على الإسهام في الخدمة الإخبارية التي أكتب لها كثيرا، عندما عُرضت قضيتان على بساط البحث: الإيدز وحقوق الحيوان. كان من بين الموجودين بعض النشطاء من الشواذ جنسيا، وتطور الحديث إلى كتاب كان قد ظهر مؤخرا من تأليف راندي شيلتس (كتاب: وَمَضَت الجوقة تعزف) فشجبوا المؤسسة الطبية لعجزها عن التحرك كما يجب في مواجهة وباء الإيدز. وافق الجميع على خطأ الحكومة والعلماء، وعلى ضرورة أن يُبذل الكثير لمقاومة الإيدز. ثم تحول الحديث بعد ذلك إلى حركة حقوق الحيوان، ليعبر الجميع عن تعضيدهم الكامل لها أيضا. لم أدرك إلا بعد انتهاء الجلسة أن هذا الفيض من الموافقات كان من المفروض أن يتحرك إلى جدل، لأن بحوث الإيدز تستهلك أعداداً مذهلة من الحيوانات - من بينها رئيسات عليا ذكية، أقرب أقاربنا - وتسارعُ عجلة البحوث إنما يعني أن الحيوانات ستدفع ثمنا غاليا.

عن الفئران والرجال - والفئران التي صنعها الانسان

في عام ١٩٨٠ لم تكن كلمة "عبر - جيني" قد صُكّت بعد، على الرغم من بكتريا إ. كولاي الحاملة للجينات البشرية كانت تعمل بالفعل جاهدة في إنتاج الإنسولين البشري. ثم بدأ العلماء بعد بضع سنين يخلّقون فئران معملٍ تحمل جينات أمراض بشرية. وبسرعة أصبحت كلمة عبر - جيني كلمة شائعة في المعجم العلمي. أصدر مكتب تسجيل البراءات الأمريكي أول براءة لحيوان عبر - جيني عام ١٩٨٨ لجامعة هارفارد، وكانت عن فأر يحمل جينات تجعله قابلا للإصابة بالسرطان (فأر السرطان). تزايدت بعد ذلك طلبات تسجيل البراءات، وتعاظم عدد البحوث في هذا المجال، ففي عام ١٩٩٠ وحده نشر ما يزيد على ٦٠٠ بحث في وصف ما حل بالفئران التي خَلّقَها الإنسان من أعراض لأمراضٍ بشرية - من التهاب المفاصل إلى السكر إلى السِّمنة. كان الإجراء - الذي يتحرك بسرعة نحو الاتقان - هو أن تؤخذ بويضة مخصبة من فأرة، ثم تولج فيها المادة الوراثية البشرية، ثم يعاد زرعها في رحم فأرة تحمل بها.

بهذه الطريقة تمكن الباحثون من تخليق فئران تحمل الجين الخاص ببروتين بيتا - أميلويد، المكون الأساسي للّطخات التي تظهر بمخاخ المصابين بمرض ألزهايمر. وحقوق براءة هذا الفأر بالذات تحملها شركة أثينا للعلوم العصبية، وهي مؤسسة بسان فرانسيسكو، مشاركةً مع "إيلي لِيلِي" شركة العقاقير العالمية العملاقة. طبيعي أنْ ليس ثمة يقين بأنّ وجود فأر يحمل مخه لطخات تشبه اللطخات بمخاخ مرضي الألزهايمر، سيقود إلى علاجٍ لهذا المرض في البشر. والحق أنْ ليس ثمة يقين بأن اللطخات هي سبب هذا المرض، فقد تكون نتيجةً له. لكن الفأر يتيح فرصةً لاختبار الفروض، وقد يتطور عنه علاج - واحتمالات هذا عالية. يقول المحللون إن علاجا فعالاً لمرض الألزهايمر يوفر ما قيمته بليون دولار سنويا.

حقوق الحيوان والاعتداءات عليها

لمنظمات حقوق الحيوان المعاصرة جذور تاريخية في انجلترا القرن التاسع عشر، عندما ظهرت حركة المعارضين لتشريح الأحياء كقوة اجتماعية كبرى ذات علاقات قوية بحركة المعارضين للتطعيم. كانت هذه القضايا جزءاً من الهياج العظيم، السياسي والسيكولوجي، لمجتمع يصارع - بين ما يصارع - اعتداء الداروينية على النظرة الإنجيلية للعالم وقدوم الطب الحديث. كانت أقدم هذه المنظمات هي "الجمعية الملكية لحماية الحيوان من الوحشية" التي تأسست عام ١٨٣٦ (كان داروين عضوا بها)، كما تأسست الجمعية الأمريكية النظيرة (غير الملكية) عام ١٨٦٦. ومع الوقت تزايد عدد مثل هذه الجمعيات. واليوم، ونحن في عصر الانفجار السكاني التنظيمي - الناتج الثانوي غير المتوقع لعصر المعلومات الذي كانت له آثار سياسية مزعجة - تتزايد جماعات حقوق الحيوان. تضم القائمة جمعيات: شبكة حقوق الحيوان، العصبة الدولية لحماية الرئيسات، الاتحاد البريطاني لمنع تشريح الكائنات الحية، جماعة المعاملة الأخلاقية للحيوانات، جمعية عبر الأنواع اللامحدودة، صندوق الدفاع القانوني عن الحيوان. وهناك جماعات دولية كبيرة تصدر مطبوعات وتقوم بحملات بريدية لجمع التمويل، ولها دهليز (لوبي) في واشنطون، وهناك مجاميع صغيرة من المحاربين في العديد من المجتمعات وفي حرم الجامعات - البعض منها لا يطيق المجاميع الكبيرة، وتتراوح مناهجهم ما بين البرامج التعليمية العامة المسكّنة وبين الغارات على المعامل.

دفع رجال حقوق الحيوان أعداداً كبيرة من العلماء وموظفي الجامعات إلى حافةالجنون، وتسببوا في تغير، بل وكثير من التغير حقا. كتب بعضهم عن هذا الموضوع يقول:

مؤخراً، قدمت شركتا ريفلون وآفون - وهما من الكُبريات في صناعة مواد التجميل - منحاً سخية للغاية إلى علماء جامعة روكفيلر، بهدف معلن هو تحريك البحث عن بدائل لاختبار دريز، وقد كان ذلك أساساً بفضل ضغوط المدافعين عن حقوق الحيوان. في نفس ذلك الوقت تقريبا قدم "اتحاد مصنّعي مواد التجميل وأدوات الزينة والروائح العطرية" منحةً إلى "مركز جونزهوبكنز لبدائل اختبارات الحيوان"؛ كما مَوَّلت شركة بريستول مايرز بحوثَ البدائل من "صندوق الجماعة البريطانية لاستبدال الحيوان في التجريب الطبي"؛ كما بادر الصندوق الأمريكي لبدائل البحث الحيواني (بدعم من جماعات أخرى وأفرادٍ يسعون إلى خير الحيوان) بمشروع مماثل في كلية الطب بينسلفانيا؛ وفعلت نفس الشيء جمعية نيو إنجلند المعارِضة لتشريح الأحياء، وذلك في كلية الطب بجامعة تَفْتس.

أصبحت المعامل في كل مكان - بفضل الاستجابة لضغط الجمهور الذي أذكاه نُشَطاء حقوق الحيوان - أصبحت أكثر تدقيقاً بشأن معاملة الحيوان - وأيضا بشأن معاملة نشطاء حقوق الحيوان، فقد غدت المعامل تستشيرهم كثيرا؛ بذلك وقع رجال حقوق الحيوان في ورطة أخلاقية. كانوا يعارضون أي استخدام للحيوان في التجارب، ثم وجدوا أنفسهم يعضدونه ضمناً عندما تدخلوا في الموضوع؛ بل ان غيرهم - مثل البيطري ميكائيل فوكس عضو الجمعية الإنسانية الأمريكية - يعتقدون أن مثل هذا الاستخدام ضروري.

من الضروري حظر الكثير من مجالات استغلال حيوان المعمل وتعذيبه - مثل اختبار الأسلحة العسكرية ودراسات الحروق الشاملة - لكن، طالما أن الإجماع العام يقبل استعمال الحيوانات للأغراض البيوطبية الأساسية، فإنّا ندين للحيوانات، باسم الشفقة والعلم الجيد، بضمان أن تعامل معاملة إنسانية (أن تستعمل مسكّنات الألم والمهدئات عند الضرورة) وأن تربى في ظروف تضمن لها الراحة الجسدية والنفسية.

خدمتُ سنتين كعضو خارجي في لجنة فحص بمعامل لورنس بيركلي، حيث قمت، مع فريق من البيطريين ومديري المعامل، بفحصٍ مجهد للبروتوكولات التي يلزم أن يتقدم بها الباحثون: عدد الحيوانات التي ستُستخدم ونوعها، الطبيعة الدقيقة للتجربة، النتائج المتوقعة وتبريرها، طريقة التخدير. كانت المواصفات التي وُضعت للاستخدام الروتيني للفئران وغيرها من الكائنات أبعد من أن تُسعِد أيًا من عشاق الحيوان، لكنها كانت تعني بعض التقدم الحقيقي، مقارنة بأيامٍ كان فيها الجراحون يمارسون عملهم على الحيوانات دون تخديرها.

هذا وجه من أوجه استجابة العلم لحركة حقوق الحيوان. ثمة وجه آخر هو المقاومة. وهذا خيار يجده جذاباً بعضُ الناس والجماعات في العالم العلمي. وهناك الآن بالفعل حركة مضادة قوية. يمكنك أن تقرأ حججها في كتب تثير الجدل مثل كتاب "الإنسان والفأر: الحيوانات في البحث الطبي" لوليام باتون، استاذ علم العقاقير بجامعة أكسفورد، الذي يطلق على النشطاء اسم "أوباش الحيوانات" ويعتبر دعاواهم مشوشة. بل ستجد في واقع الأمر منظمات هدفها الوحيد هو الرد على نشطاء حقوق الحيوان. مِنْ بين القواعد الأساسية للحياة في عصر المعلومات أنك إذا وجدت مِنْ حولك حشداً كبيراً من المنظمات، فإن أفضل ما تفعله هو أن تشكّل أنت الآخر منظمتك. أتلقى بالبريد بانتظام رسالةً إخبارية تصدرها منظمة كهذه - جمعية كاليفورنيا للبحث البيوطبي - ائتلاف من العلماء، وإداريي الجامعات، والشركات الخاصة المشتغلة في البحث المعملي، وجماعات كرست نفسها للقضاء على أمراض معينة. تمتلىء صفحات هذه الرسالة بتفنيد الدعاوى اللاعقلانية التي تصدر عن نشطاء حقوق الحيوان، كما تنقل أخبار الهجوم على المعامل، وأخبار ما تم من تقدم - باستخدام الحيوانات - ضد أمراض كالإيدز أو التليف الكيسي. تعتبر حركة حقوق الحيوان - والحركة المضادة لها - من نواحي عديدة، النموذج لسياسة عصر

المعلومات: فلدينا تكـاثر المنظمـات، لدينـا تـآكل السـرية (لم يعـد المجربـون يفترضون أن ما سيقومون به سيظل محجوبا عن نظر الجماهير)، لدينا تنـوع مذهـل في وجهـات النظـر. هنـاك في ناحيـة الأخلاقيـون والنشـطون الذيـن يعتقدون - كما قال بيتر سنجر، أحد قـادة الحركـة - أن "الحيوانـات غـير البشرية بمجموعة مضطَهَدة " نعامِلُها "كما لو كانت أشياءٍ نستخدمها كمـا نحب، لا ككائنات لها حيوات خاصة تحياها". والحل عند هؤلاء هـو تحـول ثوري في الوعي، والتخلي الكامل عن أية أنشطة تتضمن تعذيب الحيـوان أو إزعاجه. وهناك في ناحية أخرى الكثير من العلمـاء، والمنظِّرين السياسـيين، وضحايا الأمراض (وأقارب الضحايا)، وغير هؤلاء ممـن يعتقـدون أن قضيـة الحيـوان قضيـة في أساسـها فاسـدة، وأن قادتهـا ليسـوا سـوى عصابـة مـن المشاغبين. وفي مكان ما بين هؤلاء وهؤلاء سنجد المصلحين الذين يعملـون من أجل هدف كإيجاد بدائل لاسـتخدام الحيـوان في البحـوث، أو كالتربيـة الأخلاقية الأفضل للعلماء، أو كلجان فحصٍ أكثر للتجريب على الحيوان.

وهذه في الحق ظاهرة من ظواهر عصر المعلومـات، التقـاءٌ - يكـاد يكـون هنا اصطدام - مهاراتٍ علمية وتكنولوجية تتقدم، تستخدم الحيوانات (وتخلق استخدامات جديدة لها) مع قَدْرٍ يتنامى من معلوماتٍ، تكـون أحيانـا مفعمـةً بالحيوية، حول الألم والمعاناة التي يتضمنها مثل هـذا الاسـتخدام. وهـي أيضـا جزء من التحول التطوري الحاضر للنوع "هومو سابْينْس". لم يطوِّر أي نـوع آخر مثل هذه المجالات من استخدام الكائنات الحيـة الأخـرى، ولم يطـور أي نوع آخر قابليةً - غدت نظامية - للشعور بـالذنب بسـببها. وأنـا أتوقـع أنـه طالما بقيت الاستخدامات والممارسات جزءاً من الحياة البشرية، فسيبقى معهـا أيضا الشعور بالإثم.

دروبٌ عبر الحاضر

هل يفترض التقدم البيومعلوماتي استغلالاً لحياة الحيوان يتزايد أبداً، ومعه ما يصاحبه من خلافات لا تنتهي سياسيةٍ وأخلاقيةٍ ودينيةٍ – حول الآلام والمعاناة التي نظلم بها، بألمعيتنا، الكائنات الحية الأخرى؟ أم تراه يفتح باب أملِ التحررِ من مثل هذه الاستعمالات، ويشير إلى مستقبلٍ يلج فيه البشر مكتبةً كاملة هائلة من المهارات البيوكيماوية المشفّرة بجينومات الحيوان دون أن نؤذي الحيوانات نفسها؟

لقد عالجنا حتى الآن بعض هذا الاستغلال، وسنتفحص البعض غيره في فصول قادمة. من ناحية أخرى دعنا نعالج بعض المنتوجات المبكرة للبيوتكنولوجيا التي تأخذنا بعيدا عن استغلال الحيوان.

كان أول مُنتَج للهندسة الوراثية طُرِح في السوق هو الهيومولين – الإنسولين البشري. وتاريخ العلاج الناجح لمرض السكّر – أو حتى معرفة سببه – تاريخ أقصر بكثير مما قد تظن. كنا في أواخر القرن الماضي – عام ١٨٨٩ على وجه التحديد – عندما أوضح اثنان من العلماء الألمان بناء على تجاربهم على الكلاب أن إزالة البنكرياس تسبب كل أعراض مرض السكر. ثم جاء عالم أمريكي مباشرة بعد تحول القرن ليثبت وجود رابطة بين مرض السكر وبين خلايا معينة بالبنكرياس تسمى جزر لانجرهانز، واقترح عالم بريطاني أن هذه الخلايا تفرز مادة – لم يُعرف لها اسم آنذاك – تتحكم في أيض السكر وغيره من الكربوهيدرات في الجسم. وفي عام ١٩٢١ تمكن عالم كندي من عزل هذه المادة في تجارب أخرى على الكلاب – وأطلق عليها اسم **إنسولين**. كانت هذه بداية العلاج بالإنسولين المأخوذ من بنكرياس الماشية والخنازير المذبوحة. حدث بعد هذا شيئان يبدو لنا أنهما متناقضان: أولهما أن العلاج بالانسولين أصبح ممارسة طبية شائعة، مكّنت أعداداً لا تحصى من مرضى السكر من أن يحيوا حياة طبيعية نسبيا. أما

الثاني فهو زيادة عدد المرضى بالسكر، وازدياد عدد من يموتون به. رأى بعض معارضي تشريح الأحياء في هذا دليلاً على فشل العلاج بالإنسولين. على أن هناك شواهد مقنعة بأن السبب الرئيسي في زيادة من يموتون بالسكر هو كثرة عدد من يحيون أطول بسبب تقدم الطب، ومن ثم كثرة عدد من يبقى حيا حتى سني العمر التي يهددها داء السكر المتأخر. (من بين الحتميات الساخرة لتقدُّم الطب، التي نبه إليها الكثيرون، أنه يمد في عمرك إلى أن تموت بسبب آخر). وهناك احتمال آخر، هو أن العلاج بالإنسولين يمكّن مرضى السكر من صغار السن من أن يحيوا فترة أطول وبذا ينجبون أطفالا أكثر، ويزيدون عدد مرضى السكر المحتملين في المستودع الجيني البشري، وهذا هو ما يسمى أحيانا باسم اليوجينيا المعكوسة، أو الديسجينيا.

على أية حال، لقد ازداد الطلب على الإنسولين الحيواني بثباتٍ عبر العقود الماضية، لكنا غدونا الآن وبين أيدينا بديل، الهيومولين، الذي لا يأتي عن حيوانات مذبوحة. صحيح أن تصنيعه يتطلب استخدام كائنات حية – البكتريا – لكن معظم نشطاء حقوق الحيوان لا يعترضون على هذه الصورة من صور الاستغلال. لقد قطعت البيوتكنولوجيا سلسلة من سلاسل اعتماد البشر على الحيوان. ولقد حدث هذا أيضا مع انتاج كاي – ماكس، الرينين الاصطناعي الذي يستخدم في صناعة الجبن، بديلاً عن المادة التي تؤخذ من معدة العجول.

هناك سببان لتناقص استعمال الحيوانات الآن للأغراض الخاصة بالطب. أولهما أن نشاط جماعات حقوق الحيوان قد أثّر على الرأي العام، حتى لتُقلع بعض المدارس عن استعمال الضفادع في دروس التشريح، بل وتعلن بعض الشركات أنها لم تعد تضحي بالحيوانات في اختبار منتوجاتها. أما الثاني فهو أن الكثير من استخدامات الحيوانات غدت وقد عفا عليها الزمن. لم يعد من الضروري أن تستخدم الأرانب في اختبارات الحمل، كما

توفرت لدينا الآن عُدَد – ترتكز على الأجسام المضادة النقية – تشخص العديد من الأمراض بصورة أسرع كثيرا وأعلى دقة من الطرق القديمة التي تتطلب الحيوانات.

توفر زراعة الخلايا والأنسجة بديلاً فعالاً لاختبارات السمية. صحيح أن عينة الخلايا البشرية لا تزودنا دائما بما يكفي من معلومات عما قد تكون عليه استجابة عضو كامل أو شخص حي لمادة معينة، لكنها تتغلب على مشكلة اختلاف الأنواع – نعني احتمال أن يكون للحيوان المُختَبَر مقاومة أكثر أو أقل من الإنسان.

وهناك بديل آخر محتمل – أكثر إثارة في وعوده، وأقل تقدما في واقعه – هو النمذجة بالكمبيوتر: برامج حياة – اصطناعية تحاكي في دقة بالغةٍ تعقيدَ الكائنات الحية (أو "الحياة المبتله" كما يسميها المتحمسون للنمذجة) حتى يمكن استعمالها في اختبارِ المحتملِ من المواد العلاجية واستراتيجيات العلاج.

و"البدائل" هي الكلمة الطنانة في حوار حقوق الحيوان، وهناك تَقَدُّم حقيقي في هذا الاتجاه. لكن ليس ثمة نهاية تبدو في الأفق بالنسبة لاستخدام الحيوان في البحث الطبي، بل الحقيقة أن بعض البدائل تطوَّر باستخدام الحيوان. وكما لاحظ السيربيرسي مدور، البيولوجي البريطاني العظيم: "علينا أن نتشبث بتناقضٍ فحواه أنْ لا شيء غير البحوث على الحيوان سيوفر لنا المعارف التي ستمكِّنناً يوما من الاستغناء عنها كليةً"

الفصل السابع
حكمة الجسد :
الحياة الخاصة والقضايا العامة

سيكون علينا أن نعيد تحديد ما نعنيه بالأمومة والأبوّة والحَمْل. ستصبح بعض النساء أمهات بيولوجيات دون أن يحملن، بل يستأجرن أماً تلد لهن. ستختار أخريات أن يحملن متأخرا، بعد أن يتوقفن مثلا عن العمل أو حتى بعد سن اليأس، إما بأن يحملن بأجنتهن الجاهزة من سنين سابقة، أو بشراء بويضات من نساء أخريات. ستحمل بعض النسوة دون أن يقابلن الأب، سيصبح الرجال آباءً بيولوجيين دون أن يقابلوا الأم. ستولد أطفال دون أن تحمل بهم امرأة! وثمة عدد آخر من التباديل أيضا.

يقيناً، سيجد الكثيرون منا أن هذه الأفكار بغيضة جدا، وغريبة جدا عن الطريقة الأساسية المميزة لحياة البشر. أيُّ حق للعلم والطب في أن يتطفلا على أكثر عمليات حياتنا طبيعية، فيحيلانها لتصبح مصطنعة فظيعة؟ سنواجَه بمثل هذه القضايا الأخلاقية، المرة بعد المرة في مستقبل الرعاية الصحية، وليس فقط في مجال التكاثر.

ـ الدكتور جيفري أ. فيشر.

نقرأ في الجرائد عن الثورة العلمية والثورة التكنولوجية، وسرعان ما نجدهـا معنا داخل منازلنا تغير من الطرق التي نرعى بها أجسامنا والطرق التي نحيا بها حياتنا الخاصة. في كل مكان يستوعب الناس المعلومات الجديدة عن التغذية وعن الحفاظ على الصحة، ويتعلمون عن نقل الأعضاء ، ويتعرفون على الفرز الوراثي وعلى التلقيح الاصطناعي، ويقررون ما يرون في موضوع الاجهاض

والقتل الرحيم، ويتخذون قرارات في خيارات كثيراً ما تكون بالفعل مسألة حياة أو موت. أصبح لدينا عدد يتزايد من مثل هذه الخيارات، ولا يبدو أن أمامنا الفرصة لنقرر إن كنا نريد خيارات أكثر.

والخيارات تُزيد القدرة الشخصية، ويسهل أن نفترض أنها تزيد أيضا من الاستقلال الشخصي – لكن، ليس هذا هو ما يحدث بالضبط. تنشأ كما رأينا أنواع جديدة تماما من الاتكال المتبادل. يُسْحَب جنس البشر إلى شبكات جديدة من العلاقات مع كل الحيوات غير البشرية. يُجذب كل فرد منا إلى شبكات جديدة من العلاقات من البشر. الزّيْد وقائع اجتماعية. النظُم البيولوجية، التي نسميها أجسادنا، تربط نفسها بنظُم أخرى ونظم فرعية: شبكات معلومات، أسواق، منظمات، حكومات. وكل زيد لجسم الإنسان يكلف مالا – كثيراً، على الأغلب – ويبدو أن لكل خيار بيولوجي نتخذه تضميناتٍ سياسية أو أخلاقية. يتحول التطور ليصبح مولّدا كبيراً للخلاف.

يقع قدر كبير من حياتنا الخاصة في شَرَك السياسة العامة. تتأثر خيارات "الموت أو الحياة" هذه بأحكام القضاء حول الاجهاض، وبالمتاح من مواد تنظيم النسل والثقافة الجنسية، وبالتأمين الصحي، بنظام ممارسة الطب، بالقوانين التي تحكم إن كان من حق الفرد أن يقرر وقت وفاته. تنظم الحكومات بنوك الحيامن وعيادات الاجهاض، تمنح (أو تمنع) الموافقة على الجديد من العقاقير والتكنولوجيات الطبية – في سرعة بالغة في بعض الأحيان، وفي بطء في البعض الآخر. وحتى إذا ابتعدنا عن الآلية القانونية والبيروقراطية فسنظل أسرى شباك أخرى، وشبكات ونُظُم، سنظل نتعامل مع قيم إرث ثقافي أو أكثر، وسنظل نحس بضغوط زملاء العمل والآباء، وسنرتبط بأسواق وبمراكز معلومات.

من يمتلك الجسد؟

موضوع زرع الأعضاء موضوع حساس بخاصة، من الناحية الشخصية ومن الناحية السياسية. ذاك لأسباب عديدة: جدته النسبية كمجال طبي، الطلب المكثف على الأعضاء والأنسجة، احتمالات المكاسب الضخمة، الحاجة إلى مناهج ذات كفاية وفعالية، المخاطر على المريض من أن يكون العضو المنقول مريضا أو معطوبا - وأخيرا وليس أبداً آخراً، العواطف الجياشة التي يُذيعها بين عائلات الواهبين، وعائلات المتلقّين، وعائلات من يفشل لسبب أو لآخر في العثور على عضو يحتاجه للنقل.

يدخل من يُعتبر واهباً مقبولاً لأحد أعضاء جسده - شاب مثلا تأكد موت مخه بعد حادثة - يدخل في أوضاع قانونية وبيولوجية لم تكن موجودة قبل لحظة. فجأة يسمى جسده باسم "المحتضِر" - وهذا مصطلح أخذه الطب الحديث لوصفِ إنسانٍ لم يعد يحيا وليس تماما بالميت. يُحفظ الجسد هكذا حتى يقوم أحد موظفيّ المستشفى بمهمة مقيته، هي الاتصال بالعائلة لأخذ موافقتها على إمكانية نقل أحد أعضاء المحتضِر. (هكذا الأمر بالولايات المتحدة على الأقل، حيث يعتبر الجسم ملكية خاصة. تسمح قوانين بعض الدول للمستشفى أو للطبيب بأخذ الأعضاء من جسد مَنْ لم يكتب وصية أو إقراراً بعكس ذلك. وهناك دول أخرى ينص القانون فيها على أن أعضاء جسد أي شخص تصبح في لحظة وفاته ملكيةً خاصة للدولة). فإذا تمت الموافقة، شرعت فرق مختلفة من الجراحين في "حصد" الجسم - فتستأصل القلب، الكليتين، الكبد، القرنيتين، نسيج العضلات، الغضاريف، شغاف القلب، الأم الجافية، وغشاء الغلاف الثقيل للمخ.

يدخل المحتضِر واهبُ أعضائه إلى مجموعة من العلاقات الإنسانية لم يكن يتخيلها الشخصِ أبداً وهو حي. طبيعي أن تكون أهم هذه العلاقات هي العلاقة مع من ستزرع بهم الأعضاء. وفي الولايات المتحدة، تُطبع المعلومات

عن الأعضاء المتاحة فوراً على الكمبيوتر بالمستشفى وتُبث إلى بنك المعلومات المركزي الخاص "بالشبكة المتحدة لتقاسم الأعضاء" في ريتشموند فيرجينيا. يرتبط هذا البنك بدوره بنحو ثمانمائة مركز حول الدولة مختصة بنقل الأعضاء، وبمرضى هذه المراكز (تبدو كلمة "مرضى" هنا محملة بالمعاني) الذين ينتظرون جراحات النقل. تُستخدم اختبارات مختلفة - منها، في بعض الأماكن، تحليل الدنا - لتحديد التوافق بين الواهب والمتلقي. تشحن على الفور بعض الأعضاء في مبردات، وترسل في سرعة بالغة بسيارة الاسعاف إلى المطار، لتستقبلها سيارة اسعاف أخرى تنقلها إلى المستشفى حيث فريق من الجراحين يعمل في تجهيز المريض للعملية. تمضي بعض الأعضاء الأخرى إلى مؤسسات خاصة حيث تُحفظ لحين توزيعها على المستشفيات. يقوم بالتفتيش على المؤسسات الخاصة وترخيصها منظمات خاصة مثل "الجمعية الأمريكية لبنوك الأنسجة" و"جمعية بنوك العين الأمريكية"، كما تدخل أيضا أقسام تنظيمية فيدرالية مختلفة. تقوم إدارة تمويل الرعاية الصحية، وإدارة موارد الصحة وخدماتها، بخدمات نقل الأعضاء والكبد، وتختص المعاهد القومية للصحة (م ق ص) بنقل نخاع العظام، أما الأم الجافية وصمامات القلب والقرنيات فمن اختصاص مصلحة الغذاء والدواء (م غ د) وذلك بناء على تعديلات قانون الأجهزة الطبية لعام ١٩٧٦.

من بين المخاوف الكبرى احتمال أن تُنقل أمراض كالإيدز إلى متلقّي الأعضاء. تحسنتْ إجراءات الاختبار كثيرا، ولقد أذاعت م غ د أن مستوى الأمان عالٍ في عمليات نقل الأعضاء والأنسجة التي تُجْرى بالولايات المتحدة الآن، والتي يقدر عددها بثلاثمائة ألف عملية سنويا. لكنك تسمع عن دراسات تثير الذعر، كتلك المتعلقة برجل مات برصاصة عام ١٩٨٥ ثم أُخِذ منه ٦١ عضواً ورقعة نسيج. حُلِّل دم هذا الواهب مرتين للكشف عن الأمراض المعدية، وكانت الاختبارات في كلتا المرتين سلبية. وبعد بضع سنين استخدم بنك الأنسجة طرقا أكثر دقة فاكتشف أن دم الواهب إيجابي لفيروس

الإيدز. تمكنوا من الوصول إلى ٣٤ مريضا (من بين مـا يزيـد علـى ٤٠) ممـن زرعت بهم أعضاء الرجل وأنسجته. كان منهم سبعة مصابون بالإيدز، وكان منهم ثلاثة قد توفوا.

هذا موضوع مؤلم للنفس، لكنه لحد كبير مما يمكن ضبطه علميا وسياسيا. فمن الناحية العلمية تتحسن إجراءات الحماية من وقوع مثل هـذه الحـوادث، أما من الناحية السياسية فهناك القوانين تُتّبـع. بـل مـن الممكـن ضبطـه حتـى ثقافيا. يقبل معظم الناس الآن زراعة الأعضاء، ضَمَّنوا هنـا الواقـع الغريـب في نظرتهم إلى ما هو عملي ومقبول في العالم، قبلوا مَخَاطِرَه. لكن مجرى الأمـور يقول باستمرارِ اختبارِ حدود القبول الاجتماعي. في كل مـرة أقـرأ فيهـا عـن "حصد" أحد المحتضرين، أجد قائمـة الأعضـاء القابلـة للاستعمال وكـأنْ قـد ازدادت طولا. ولقد تمتد أكثر في المستقبل: يعتقد مارك رووي، المعلق الرزين على الموضوع، أننا سنسمع قريبا عن نجاح زراعة الأيدي والأقـدام. يتحـدث الآن بعـض الجراحـين، الذيـن يقومـون بـإجراء عمليـات تغيـير الجنس، عـن الأعضاء الجنسية. يقـول أحـد رواد هـذا المجـال: "أنـا لا أعتقـد أن الحكومـة ستقبل تمويل عملية زرع القضيب، لكننا سنحاول أن نقنعها بذلك".

هناك خلاف آخـر يتعلق بالأطفـال الذيـن يولـدون بجـذع مـخ ولا مـخ، ومصيرهـم ألاّ يعوا أبداً، وهم لا يعيشون أكثر من بضعة أيام. يولد من هـؤلاء بالولايات المتحدة نحو ألـف في كـل عـام. ولقـد ذكـرت المحـاكم في السـنين الأخيرة أن قانون "الأمريكيون العاجزون" يحميهم، ويخول لهم الحق في أفضـل رعاية طبية، لكنهم أول المرشحين لوهْب الأعضاء، يهبون أعضاءهم السـليمة – قلوبهـم وأكبـادهم وكُلاهـم – المقضـي عليهـا بـالهلاك، إلى غـيرهِم مـن الأطفال. اتخـذت الجمعيـة الطبيـة الأمريكيـة موقفـاً حيـالهم وهـو أن تحصـد أعضاؤهـم وهم أحياء. قال أحد الأخلاقيين إن هذه "فكرة مروعة مريعة".

يجد الفرد منا نفسه مدفوعا إلى السؤال القديم - متى سينتهي هذا كله؟ - فلا تتضح له إجابة. إن المسألة التي تقلقنا في كل يوم هي الطريقة التي نعالج بها مثل هذه الأمور - أية قيم تشكل قراراتنا، أية نظرة إلى الواقع؟ إن فكرة أن يجري تداول أعضاء البشر داخل المجتمع فكرة مزعجة. ثم تأملتُ هذاالواقع الجديد، نظرتُ إلى الخلف - لا إلى الأمام - إلى الممارسات القديمة في التِبت، عندما كانوا لا يقومون بدفن جثث الموتى في قبور مغلقة معطرة، وإنما يسلمونها في سماحة إلى العالَم - يأخذون الأجساد إلى مكان مفتوح ويمزقونها إربا إربا ويقدمونها قربانا إلى النسور - والفكرة هي أننا من العالم جئنا، وإليه نعود. ها واحدة من أحدث العَلاقات تحمل شيئا من واحدة من أقدم العلاقات.

إختيارك لجنسِك

لا شيء يوضح التزايد الحالي للخيارات الشخصية، وما يحمل معه من تعقيدات اجتماعية، أكثر من قضية تحوُّل الجنس - وهذا أمر كان ذات يوم مقصوراً على دنيا الخيال وأصبح الآن من الشيوع حتى لتَنْشُر إحدى الصحف قائمة بالكلمات التي يلزم أن تضيفها جميعا إلى معجمنا، فتكون من بينها كلمة "عبر جنسي".

صاغ هذه الكلمة في الواقع، في أوائل الخمسينات، طبيب أمراض عقلية يصف بها حالة فتاة استحوذت عليها رغبةٌ في أن تصبح صبيا، إذ أطلق على حالتها اسم "الاضطراب النفسي عبر الجنسي". كان التقدم آنئذ في استخدام الهرمونات وفي استخدام الجراحة - بعد أن اكتُسبت مهارات في إعادة التشكيل أثناء الحرب العالمية الثانية - قد جعل من الممكن أن يحقق الفرد خيالاته بأن يتحول طبيًّا إلى نسخةٍ من الجنس الآخر، نسخة جيدة إلى حد كبير. وفي عام ١٩٥٢ سمع العالم كله عن حالة رجل اسمه جورج يورجنسين أمكن بمساعدة الأطباء الدانمراكيين أن يتحول إلى الجنس الآخر - إلى

كريستين يورجنسين. اتخذت أجهزة الاعلام من قصة يورجنسين مجالاً للكثير من الفكاهة، لكنها أُخذت بالكثير من الجد عند رجال ونساء شعروا بأنهم وُلدوا في الجسم الخطأ – كما أخذها بمأخذ الجد أخصائيو العلاج النفسي والأطباء مما اعتقدوا أن الجراحة ومعها المعالجة الهرمونية ستكون هي الحل.

وعلى مدى العقود القليلة التي تلت تَطَوَّرَ هذا إلى فرع معترف به من فروع الطب. افتتحت في عام ١٩٦٧ في بالتيمور عيادة جونز هوبكنز للهُوية الجنسية، وتبعتها العشرات من المستشفيات بالجامعات الكبرى، وبعد أقل من عشر سنوات كتبت مجلة نيوزويك تقول إن هناك أكثر من ٣٠٠٠ شخص عبر جنسي بالولايات المتحدة قد أجروا العملية الجراحية، كما ذكرت أن هناك عشرة آلاف آخرين قد يجرون العملية لأنهم يعتبرون أنفسهم أعضاءً من الجنس الآخر. ولما كانت المستشفيات بالولايات المتحدة تتطلب وقتا طويلاً للتقييم والاستشارة بالنسبة للمرشحين المحتملين لإجراء عملية تغيير الجنس، لتنتهي عموماً بإجراء العملية الجراحية لأقل من ١٠٪ منهم، فإن الكثير يتجهون إلى الخارج لإتمام العملية.

وعمليات تغيير الجنس في معظمها هي عمليات تحويل ذكور إلى إناث، لكن ثمة تقدم يجري في الاتجاه المضاد. لا يتطلب تحويل أنثى إلى ذكر في الكثير من الحالات أكثر من معالجات هرمونية تحور بنية الجسم بالتدريج وتحفز نمو الشعر بالوجه. يمضي البعض إلى ما يعرف في الثقافة عبر الجنسية باسم "الجراحات العليا" – استئصال الثدي – بينما يمضي البعض الآخر إلى "الجراحات السفلى" التي تتضمن طرقا مختلفة لبناء قضيب اصطناعي. لكن العمليات أبداً لم تنتج ذكراً كاملا تماماً ولا أنثى. وعلى الفرد بعد إجراء عملية تحويل الجنس أن يواجه كوكبة من المشاكل الاجتماعية والقانونية، تتراوح ما بين "صدمة المرحاض" – نعني تصور ما يجب عمله في مرحاض عمومي – وبين صدمة الحصول على رخصة جديدة للقيادة، وحتى التهديد بالحبس لارتداء ملابس الجنس الآخر الذي تحرِّمه القوانين في بعض الأماكن.

ويندر أن يغطي التأمين تكاليف العملية، ولكن، كما جاء في أحد التقارير: "إذا أقنعتَ شركة التأمين بأن بك حقا الاعتلال النفسي عبر الجنسي الذي يتطلب الجراحة كجزء من العلاج، فقد يدفعون لك التكاليف - بعد أن تكون قد وافقت على أن تحيا بتشخيص رسمي يعادل عند الكثيرين اشتهاء جسم الميت". لكن الحافز عبر الجنسي يكون من القوة حتى ليقاسي الآلاف ويتعذبون وينفقون ما يستطيعون على مثل هذه العمليات، وحتى لنتوقع وجود آلاف آخرين سيسعون إلى العلاج لو أتيح بسهولة وكان أقل تكلفة. توضح عبر الجنسية بعض واقع الحياة في عصرنا. ليس أمامنا إلا أن نتعامل مع المعلومات: إذا وجد خيار تغيير الجنس، فسيعرف الجميع عنه. وعلينا أن نتعامل مع الاقتصاديات: إذا وُجد الطلب، فستجد من يوفر المطلوب - لمن يمتلك القدرة المادية.

من السهل جدا أن تبقى على مبعدة محسوبة من قضية عبر الجنسية - تتفكه بغرابتها، ترفض التفاصيل الشهوانية لجراحة إعادة التجنيس، تتهكم على الأطباء الذين يستغلونها في الكسب المادي. وأنا أعترف بأني قد مررت ببعض من كل هذا أثناء دراستي للموضوع. لكنك إذا قرأت بعضا قليلا مما رواه مَنْ واجه الخيار واتَّخَذَ القرار - تصريحاتهم الانفعالية عن حاجتهم لتغيير الجنس، وكيف تعاملوا بشجاعة مع نتائج العملية - فلا شك أنْ ستحس بلمسة إعجاب بشجاعتهم، كما ستحس بمبلغ التكريس والإبداع لدى من صنعوا هذا النوع الجديد من الطب. هم جميعا هناك على جبهة الصدارة التطورية. وسنجد بشكل ما أن إدراكهم بما يحدث يفوق إدراكنا بكثير. أنت لا تستطيع أن تعاني تغيير الجنس ثم لا تعرف أن العالم يتغير هو الآخر بطرق جذرية.

بل ولقد يصبح الواقع المروع لتحول رجل إلى امرأة - أو العكس - أمراً مألوفا في القريب العاجل. فالأمر على أية حال يرتكز على الفرض بأن هناك جنسين فقط، ولم يعد من الفروض المتعلقة بالمصير البيولوجي ما هو آمن تماماً

في هذه الأيام إلا أقل القليل. ثمة كتاب صدر مؤخرا لمؤرخة مناصرة للمساواة بين الرجل والمرأة. يقدم الكتاب قدراً من بيانات فسيولوجية مقنعة تدعم دعواها بأن هناك خمسة أجناس بيولوجية من البشر (الجنسين المعروفين وثلاث صور أخرى من الأفراد الخناث)، وأن ثقافتنا ستضطر عاجلاً أو آجلاً إلى أن تتعدى ما تتعلق به الآن في هذا الشأن. فإذا حدث ذلك فسيكون البعض ذكوراً، وسيكون البعض إناثا، وسيكون هناك من يغير جنسه جراحيا في هذا الاتجاه أو ذاك، وسيختار البعض الخروج بأدوار اجتماعية وجنسية جديدة تماما.

لم يمض وقت طويل بعد سماعي عن هذه الفكرة، حتى وجدت نفسي في لجنة مع جماعة من المستقبليين. ثمة واحدة منهم كانت ترى أن مفهوم الأجناس الخمسة في أساسه مفهوم قويم، لكنها تجده محافظا نوعاً ما. مضت لتقترح أننا إذا أمعنّا النظر لأبعد من مجرد الفروق الجسدية – إذا وسّعنا رؤيتنا لنستوعب كل الأنماط السيكولوجية المعروفة، وأساليب الحياة الاجتماعية، والاختلافات الوراثية التي تؤثر في السلوك الجنسي دون إنتاج اعضاء جسدية مختلفة – فسنجد الناس وقد صنّفوا أنفسهم إلى نحو ٤٧ جنساً مختلفا وجندرا. وإذا بها تتنبأ في نزوة بأن يكون بالمباني نفس هذا العدد من دورات المياه. أنا لا أقول إن هذا سيناريو محتمل، لكننا نواجه احتمالا حقيقيا جدا لتغيرات جذرية في الطريقة التي يفكر بها الناس في الجنس والجندر. وهذا في جزء منه مجرد قضية معلومات جديدة تدور داخل المجتمع، لكن يساهم فيه أيضا ما يتم من تقدم تكنولوجي. والتطورات الحديثة، كمثل عمليات تغيير الجنس واستخدام الهرمونات، إنما تزيد من تعقيد الصورة، وتضيف "اختيار الجنس" إلى قائمة القرارات المتاحة للكثيرين عن أسلوب الحياة.

مع تطور الجنس البشري إذن، يتطور مجال مذهل من احتمالاتٍ وخياراتِ الجنس والجندر – أكثر بكثير مما يوجد بالرئيسات الأخرى – ثم إن هذه تُحَرّك تغيرات بعيدة الأثر إجتماعيةً وثقافية – ستمسنا جميعا عاجلاً أو آجلا.

اختيار جنس المولود

في نفس الوقت، سنجد أن الكثير من الناس - العاديين ممن لا يفكرون أبداً في تغيير جنسهم - يقومون باختيار جنس نسلهم. كان الناس يقومون بهذا من قرون بعيدة عن طريق وأد الطفل إذا كان من الجنس غير المطلوب - الإناث عادة. أما الآن ومع تكنولوجيات مثل ثَقْب السَّلَى والتصوير فوق الصوتي فقد أصبح في الإمكان التنبؤ بجنس الجنين مبكراً بما يسمح بالاجهاض. بل وستطوَّر في القريب العاجل طرق لاختبار الجنس موثوقة، وأقل أثراً على النفس. لقد أصبح من الممكن الآن تكنولوجيًّا أن يتأكد الأبوان من جنس الجنين إذا استخدماالاخصاب في الأنبوب. لكن هذه الخيارات - في الماضي كانت أو في الحاضر أو المستقبل - ليست في الحق أبداً خيارات شخصية أيضا، إذ تطوقها القوانين والقواعد، والسياسات العامة، والقيم الثقافية، والأوضاع الاجتماعية، التي تزكي خيارات معينة وتستبعد غيرها.

يتأثر الناس في الصين وبشدة بالتقاء سياسة "طفل واحد للعائلة الواحدة" مع التحيز الثقافي التقليدي ضد الإناث. يتنبأ تقرير صدر عن "معهد موريسون لدراسات السكان والموارد"، في ستانفورد، يتنبأ "بفجوة زواج" هائلة على عام ٢٠٢٠ - مليون رجل كل عام يصلون إلى سن الزواج دون أن يجدوا زوجة - النتيجة الحتمية للنسبة الجنسية الحالية للمواليد: ١٤٤ وليداً لكل ١٠٠ وليدة. يلفت التقرير النظر أيضا إلى أن هذا سيؤدي مع الوقت إلى أن تؤثر ظاهرة "الكيد المرتد" على التطور الوراثي بالصين، فالأزواج الذين ينجبون البنات سيزوجوهن بسهولة ليحفظوا بذلك سلالتهم، بينما تنقرض العائلات التي تنجب الذكور. وإذا ما استمرت الممارسة الحالية مائتي جيل أو نحوها، فستطوَّر العشيرة الصينية في النهاية تحيزا وراثيا نحو البنات، ليولد منهن أكثر.

طبيعي أنّا لا نتوقع أن يحدث هـذا، لا ولا أن يقـوم ذكـور الصينيين بحل المشكلة عن طريق إجراء عمليات تغيير الجنس. لكن النتيجـة المحتملـة هـي أن تحدث زيادة أخرى في الهجرة الدولية: سيهاجر العزاب إلى الخـارج بحثا عـن زوجات، وستهاجر العازبات إلى الصين بحثا عن أزواج. أما ما سيحدث مـع الوقت فسيكون تغيراً في القيم: وضع اجتماعي أعلى للنساء، وانحسار تسلط فكرة الطفل الذكر العزيز على الآباء. لكن، إياك أن تتوقـع أن يتوقـف النـاس عن اختيار جنس نسلهم. ليس هذا هو الطريق الذي تتحرك فيه الأمور الآن.

تنظيم النسل الآن

يقول الدكتور جيفري فيشر، أحد القلائل من رجال الطب الذين يقومون عن طِيبِ نَفْسٍ بالتنبؤ بما سيحدث ومتى، يقـول إن الاختبـار المنزلي الموثـوق للتبويض سيصبح قريبا طريقة فعالة لتنظيم النسل لدى معـارضي وسـائل منـع الحمل. وأنا أعتقد أن هذه نظرة إلى المستقبل غير البعيد تثير الاهتمام، فزماننـا زمان تختفي فيه الحدود بين التكنولوجيا الرفيعة وبين المعلومـات البسيطة. إذا أردت أن تختارِ وسيلة فما عليك إلا أن تتجول بين تكنولوجيات تنظيم النسل ثم تنتقي وسيلةً – هي ذاتها من منتجات التكنولوجيا الرفيعة – تمكّنك من أن تقوم بتنظيم النسل "طبيعيا".

لقد تغـيرت القواعـد الأساسية للتكـاثر تغيراً دراميـا عـبر العقـود القليلـة الماضية، وهي تتغير الآن أسرع من أي وقت مضى. هناك طـرق أكـثر وأكـثر لتجنّب أن يولد لك طفل، ولكي تختار جنس الطفل الذي سيولد لك.

لدينا في حقل تنظيـم النسـل مجـال واسـع مـن الخيـارات يتضمـن مانعـات الحمل الطويلة الأثر مثل "نوربلانت"، كبسولة توضع تحت الجلد مباشـرة في أعلى ذراع السيدة، لتبقى فعالة لمدة تصل إلى خمس سنوات؛ ومثـل اللولـب؛ ومثل طرق المنع كالواقي الذكـري والغشـاء الحاجـز الـذي ظهـر مؤخـرا والواقـي المهبلـي؛ ومثـل مـانع الانغـراس RU-486 الـذي يمكـن تعاطيـه بعـد

الإخصاب لمنع البويضة المخصبة من الانغراس في الرحم؛ ومثل المجهضات كالبروستاجلاندين الذي يَسْتحث المخاض المبكر. في عام ١٩٩٣ قامت شركة أبجون للأدوية بحملة دعائية لترويج ديبو – بروفيرا، وهذا مانع للحمل يحقن، كان يستعمل لفترة طويلة في الدول النامية، وقُدِّم للأمريكيات على أنه "منظم للنسل يكفي أن تتذكريه أربع مرات في العام".

وتظل قائمة البدائل تطول. قرأت منذ فترة عن مدخل مختلف تماما – سجَّل براءته طبيبةٌ لأمراض النساء في نيويورك – يقتل الحيوان المنوي بكهرباء ضعيفة. تُدفع بطارية دقيقة لتبقى في عنق الرحم فترة تصل إلى عام، وتولِّد تياراً كهربائيا ضعيفا يقل عما يولده ضابط النبض، لكنه يكفي لمنع الحمل. قال المخترع إن ابتكاره هذا قد أثبت نجاحاً بلغ ١٠٠٪ عند اختباره على الحيوان، لكن لم يُسمح بعد لهذا الابتكار أن يجرب على البشر، ولا أعرف إن كان سيُسمح به يوماً. لكنا نتوقع لابتكارات أخرى – من بينها حبوب للرجال وتعقيم عكوس طويل المدى – أن تحصل على الموافقة الرسمية والقبول لدى الناس. ولقد يتضح أن العقبة الرئيسية هي غريزة المقاولات لدى المحامين – فلقد تخصص البعض منهم في رفع القضايا ضد نوربلانت لصالح من استخدموه وادعوا أن له آثاراً جانبية. الصورة معقدة؛ ورغم ذلك، وبغض النظر عن كل التشوش والارتباك الذي يميز زماننا المضطرب بيولوجيا، فإن هناك شيئا مؤكدا: سيستمر تزايدُ تنوعِ وتيسُّرِ وفعاليةِ أدوات تنظيم النسل وطرقه.

وكل هذه الوسائل – ما نعرفه منها ونستخدمه، وما لا يزال منها في الطريق– تحمل صفتين متناقضتين: هي تزيدمن قوة الفرد، وهي في ذات الوقت تجرنا إلى تعقيدات اجتماعية/ سياسية جديدة.

إن قدرة الفرد على تدبير تكاثره – باستخدام المعلومات عن الطريقة التي يعمل بها التكاثر – هي زَيْدٌ مذهل لقدرة الانسان الفرد. لكن، مثلما تُحيل

الفاكسيناتُ أمراضاً كالجدري إلى قضايا اجتماعية، كذا فإن وسائل تنظيم النسل ومواده تحيل الحمل إلى قضية اجتماعية. والإجهاض هو موضوعُ واحدةٍ من أكثر قضايا السياسة غضباً. نحن نتجادل في تدريس الجنس، وفي إتاحة معلومات تنظيم النسل ومواده، وفي الموافقة على RU-486 . وبشكل أكثر تهذيبا: إننا مطالبون بتعديل قيمنا عن الحجم الأمثل للعائلة. نشأتُ في عالم كانت فيه العائلة الكبيرة هي مثال الحياة الطيبة. ثم، وفي الستينات، دخل العالم في نظامِ قيمٍ مستحدث تُفضِّل فيه العائلة الصغيرة – وكان ذلك تحت تأثير القضايا البيئية والأدوار المتغيرة للمرأة. عائلتي كانت من ستة أشقاء، وكان أحد أجدادي فرداً في عائلة من أحد عشر، وهأنذا أمامك، أبٌ فخور، مُنَزَّه سياسيا، لطفل واحد لا أكثر. يتغير الزمان!

التكاثر الآن

للطّموحات ممن لم يتمكنَّ من الحمل أو من إكمال الحمل، هناك قائمة تتزايد طولاً من الخيارات، وهناك المناخ الثقافي/ السياسي الذي يتغير.

لقد تغير في العقود القليلة الماضية ما هو أكثر من مجرد الاستحسان بالنسبة لحجم العائلة. منذ ما يقل عن أربعين عاماً حكمت محكمة في إلّينوي بأن التلقيح الاصطناعي بمني غريب – سواء بموافقة الزوج أو بدونها – يعتبر زنا من ناحية الأم، وأن كل طفل يولد عن هذا الطريق طفل غير شرعي. أما اليوم فإن مثل هذا التلقيح يتم روتينيا، ولقد وُلد عن هذه الطريقة ما يزيد على ربع المليون من الأمريكيين. لقد تعودنا على الإخصاب "في الأنبوب"، تعودنا على بنك الحيوانات المنوية (الحيامن) هناك على الناصية القريبة. تُفسح النماذجُ الاجتماعية والمؤسسات المكانَ في بطء للأم العزباء، لزواج الشواذ. ولا تزال الأمهات البديلات أمراً خلافيا، لكني أتوقع أن تجد لها دوراً بين الأدوار المتزايدة بالحياة العائلية. والأغلب أن تتقن عملية تجميد البويضات حتى لتصبح بنوك البويضات في مثل انتشار بنوك الحيامن الآن. وعلى هذا،

ففي الوقت الذي نتعود فيه على النمو الوطيد في طرق تنظيم النسل، فإننا نتعود أيضا على طرق جديدة لإنجاب الأطفال. إن الاتجاه السائد دائماً ما يكون نحو زيادة الخيارات. لقد أصبح التكاثر البشري مختلفا إختلافا جذريا عن تكاثر الحيوانات الأخرى، ثم إن التغير – من المنظور التطوري – يحدث ما بين طرفة عين وانتباهتها. إن قيمنا وممارساتنا تختلف عن مثيلاتها عند اجدادنا، كما أن قيم وممارسات أحفادنا ستختلف تماما عن مثيلاتها لدينا. إننا نعرف هذا كله – لكننا لا نعرف مدى الاختلاف، وفي أي اتجاه يكون.

والتغيرات في وسائل تنظيم النسل وطرق التكاثر تغيرات لافتة للنظر، ثم انها تقلق راحة الكثيرين. لكن أيا من هذه التغيرات ليس في مثل حساسية اتخاذ قرار بإنجاب طفل، أو قرار بتحديد جنس هذا الطفل. تصبح هذه الخيارات الآن أسهل، والكثيرون يتخذونها. تقوم النساء الحوامل، لاسيما كبيرات السن منهن، باستخدام ثَقْب السَّلَي روتينيا، أو غيره من وسائل أخرى، لاختباراتٍ ما قبل الولادة لمعرفة ما إذا الجنين يحمل متلازمة داون أو غير هذه من العيوب الوراثية. والأغلب أن يعرف الآباء جنس الوليد قبل الولادة، كما أن الإخصاب في الأنبوب يجعل اختبارات ما قبل الولادة أسهل كثيراً وأعلى نوعية.

يرى الكثيرون أنه لا يجوز أن تكون لنا مثل هذه الخيارات، وأنه من الواجب أن يُحظر بالقانون بعض (أو كل) تقنيات تنظيم النسل وتقنيات التكاثر. لكن مثل هذا الحظر هو في ذاته اختيار – اختيار سياسي، لا يسهل اتخاذه ولا يسهل فرضه. ثمة وقائع حدثت في إيطاليا تبين ذلك. اشتهرت إيطاليا في أوائل التسعينات بمناخ قانوني متحرر بعض الشيء بالنسبة لقضايا التكاثر. فعلى الرغم من أنها المقر الرئيسي للفاتيكان إلا أنها كانت أيضا أقل بلدان أوروبا في معدل الولادة – الأمر الذي يقترح بشدة أن الكثيرين يمارسون تنظيم النسل – كما أن بها تجارة ناجحة في كل أوجه بدائل التكاثر، مثل التلقيح الاصطناعي والأمهات البديلات. كانت إيطاليا هي

الدولة التي وَلَدت بها روزّانا ديلا كورتي، التي تبلغ من العمر ٦٢ عاماً، بعد أن أُخصبت بويضة من واهبةٍ بمني زوج روزّانا ثم أعيدت إلى رحمها. كانت إيطاليا هي الدولة التي وُلِدت بها إليزابيتا، بعد حملتها عمتها من بويضة والدتها "الحقيقية" التي توفيت قبل عامين في حادثة.

في عام ١٩٩٥ رأت الجمعية الطبية القومية الإيطالية أن في هذا الكفاية – بل وأكثر من الكفاية – فأصدرت توصيات جديدة للأخلاقيات الطبية. حظرت، من بين ما حظرت، التلقيح الاصطناعي للنساء بعد سن اليأس، والتلقيح الاصطناعي بعد موت الزوج، وكل صور الأمهات البديلات، والتلقيح الاصطناعي للعازبات، وأي انتخاب للحيوانات المنوية يرتكز على "مكانة الواهب الاجتماعية أو الاقتصادية أو الوظيفية". حثت الجمعيةُ البرلمانَ الإيطالي على سن قانون بهذه التوصيات. رأى الفاتكيان أن التوصيات هينة أكثر من اللازم، وأعلن عن موقفه: إن كل التلقيح الاصطناعي لا أخلاقي وحرام. من الناحية الأخرى رأى أحد كبار الاختصاصيين في الخصب (سيفيريني أنتينوري، الرجل الذي قام بإجراءات حمل المرأة ذات الاثنين وستين ربيعا) أن هذه التوصيات "بها مفارقة تاريخية، وضيق أفق، وأنها مضادة للديموقراطية"، وأعلن أنه ينتوي أن يتحداها. ثمة تحالف للشواذ جنسيا أعلن من جانبه أن هذه التوصيات "خطرة غير شرعية" وحث أعضاءه على مقاومتها في المحاكم. صدر بيان صحفي يقرر أن تلك التوصيات قد تكبح بعض التجاوزات، لكن التحريم الكامل الذي تنادي به الكنيسة لن يحظى بين راغبي الإنجاب من الاحترام بأكثر مما حظي به تحريمها لتنظيم النسل. هكذا الأمر في إيطاليا. أما في غيرها من الدول فقد قرأتُ تنبؤاً يقول إنه سيصبح من الممكن قريبا أن تحمل المرأة في أي عمر – ليس ثمة حد أعلى على الاطلاق. ويرى نفس هذا المصدر أن متوسط الأجل المتوقع سيرتفع قريبا إلى نحو تسعين عاماً، الأمر الذي يعطي هذا التنبؤ معنى مدهشا حقا.

وحتى لو لم تُحَرَّم تقنيات التكاثر، فإنها تُعَدَّل عادة بطريقة أو بأخرى، إما عن طريق الأجهزة الحكومية أو عن طريق المنظمات شبه الرسمية المفوضة من السلطة. والهموم الصحية تجعل من هذا ضرورة - كاحتمال أن يُنقل الإيدز مع منيّ الواهب.

وعلى الرغم من أن هذه القضايا تولّد ما شئت من صور الخلاف السياسي - ليس فقط حول القضايا الاجتماعية عما يُباح وما لا يباح، وإنما أيضا حول القضايا الاقتصادية عَمَّن ينتفع بالخيارات التكنولوجية الجديدة، والقضايا الحكومية عَمَّن له الحق في اتخاذ القرار - على الرغم من ذلك فإن مجتمعاتنا ونُظُمنا المؤسسية تثبت أنها متجددة لحد مرموق على استيعاب التكنولوجيا الجديدة. وربما كان موضوع اليوجينيا هو أكبر اختبار لقدرتنا على معالجة التطور البيولوجي السريع.

اليوجينيا الآن

في عام ١٩٩٣ نشرت النيويورك تايمز قصةً، غنية بالسخرية التاريخية، عن جماعة من اليهود الإشكينازي تطبق برنامج اختبار وراثي للشباب. كان هدف البرنامج بسيط: التخلص من أمراض وراثية شائعة بينهم مثل مرض تاي ساكس ومرض التليف الكيسي، فهناك بين اليهود الإشكينازي واحد من كل ٢٥ فرداً يحمل جين مرض تاي ساكس، وواحد من كل ٢٥ يحمل جين مرض التليف الكيسي، وزواج اثنين من حاملي أيٍّ من هذين الجينين يعني في كل حمل احتمالاً قدره ٢٥٪ في أن يولد طفل مصاب بالمرض. ومرض تاي ساكس مرض لا علاج له، هو مرض مميت يصيب الطفل في نهاية الأمر بالعمى والشلل. أما من يولد بمرض التليف الكيسي فلابد أن يعاني طول عمره من مشاكل تنفسية وهضمية، كما يكون النصف منهم قصير العمر.

في كل عام إذن يقوم ممثلو "لجنة الوقاية من الأمراض الوراثية لليهود" بزيارة المدارس الثانوية ويفحصون عينات من دم الطلبة. يحصل كل من يُختبر

على رقم هوية يسجَّل بالمكتب المركزي للبرنامج. فإذا ما رأى موفّقو الزيجات أن فتاة وفتى قد يرتبطان بالزواج، كانت الخطوة التالية هي الرجوع برقمي الهوية إلى الخط الساخن بالمكتب، ليقرر إن كان هذا الزواج متناغما أم أن كلا من الشاب والشابة يحمل جينا متنحيا، وأنهما قد ينجبان أطفالا يحملون أيا من المرضين. باختصار: لقد تحرك توفيق الزيجات اليهودي التقليدي إلى عصر البيومعلومات.

كان أعضاء الجماعة بوضوح راضين عن البرنامج، الذي أطلق عليه قادة رجال الدين اسم "دور يشُوريم" وتعني بالعبرية "جيل الأتقياء". كانت نتائج التطبيق مثيرة حقا. ثمة تقرير يقول "اليوم، ومع الاختبار المستمر للدور يشُوريم، أمكن فعليا أن نمنع ظهور حالات جديدة من مرضى تاي ساكس". امتد المشروع ليشمل اختبار عدة أمراض أخرى، منها التليف الكيسي. لكن مجلة التايمز أجرت أحاديثا مع عدد من الأخلاقيين الخارجيين فوجدتهم منزعجين جدا – فليس لهذا من اسم سوى اليوجينيا.

"اليوجينيا" كلمة من أكثر الكلمات رهبة وتفجرا في كل الحوارات البيوأخلاقية. تحمل أجهزة الإعلام تقارير عن بحوث تقود إلى علاج الخط الجرثومي – إلى تغيير جينوم الفرد، ومن ثم الصفات التي ينقلها إلى الأجيال القادمة – وهذا يقترب كثيرا من اليوجينيا. تستعمل كلمة اليوجينيا بالفعل أحيانا، ولكن دائما بالتضمين القوي بأنه لا يصح أن يُسمح بها. ومثل هذه التعبيرات مفهومة تماماً، كما أن مثل هذه العواطف جديرة بالثناء، لكنها أيضا مضلِّلة. فهي تعطي الانطباع بأن اليوجينيا قد مضت – وهو ما لم يحدث – وأننا نستطيع أن نستبعدها من المستقبل – وهو ما لا يمكن. اليوجينيا جزء من الحياة في عالمنا، والتحدي هو أن نفهم ذلك، وأن نتدبره بحكمة.

صاغ هذه الكلمة – من جذر إغريقي يعني طيب المحتد – فرانسيس جالتون عام ١٨٨٣. وجالتون هو الألمعي ابن خال تشارلس داروين، إن يكن

غريب الأطوار. اقترح جالتون أن يأخذ التطور إلى الخطوة المنطقية التالية، من النظرية إلى التطبيق، وبدأ يصمم برنامجا خياليا لتربية سلالة متفوقة من البشر.

وأصبحت اليوجينيا قضية واسعة الذيوع - أصبحت هي الموضة، مثل حماية البيئة في هذه الأيام، ناصرها بنفس الحماس دَرَاوِنة إجتماعيون يمينيون، واشتراكيون يساريون مثل جورج برنارد شو. وانتشرت إلى الولايات المتحدة حيث وجدت من يمول لها في سخاءٍ مراكز بحثية، مثل "مؤسسة تحسين السلالة" في باتل كريك ميتشجان.

انطلقت اليوجينيا مسعورةً بالولايات المتحدة قبل أن يتبناها النازيون في ألمانيا، وغَذّاها حماس الأمريكيين للتقدم، وأذكت عابسةً مخاوف المتعصبيين من أن المهاجرين الجدد سيلوثون المستودع الجيني الأمريكي القديم الطيب. وكانت النتيجة انفجاراً من برامج للتعقيم الإلزامي للمجرمين وضحايا الأمراض العقلية، وتقييد الهجرة، وقوانين تمنع الزواج بين السلالات. انتهى الكثير من هذه البرامج، وألغيت القوانين، وأغلقت معاهد البحوث. كان من بين أسباب زوالها إدراكٌ نما تدريجيا بأن علومها ورياضياتها كانت غير جديرة بالثقة. لم نعد الآن نصدق أن هناك عجزاً مثل "ضعف العقل" يسببه جين واحد. ولقد بيَّن رجال الإحصاء أنه حتى لو أمكن تحديد هوية مثل هذا العجز، ثم مُنع كل حامليه من الزواج (كما اقترح بعض المتحمسين اليوجينيين) فإن الأمر سيتطلب ٨٠٠٠ سنة لخفض عددهم إلى ١ من كل ١٠٠٠٠. ثم كان هناك المثال الفاشل "لألمانيا الجديدة" - وهذه مستعمرة أنشأتها إليزابيث نيتشه (شقيقة فريدريك) في باراجواي. زودت مستعمرتها اليوجينية اليوتوبية بعينات من البشر ممتازة، مختارة "لنقاء الدم الألماني". وشجعتهم على التربية بالانتخاب نحو سلالة من السوبرمان. وكانت النتيجة - التي يمكن رؤيتها في تلك المنطقة - باراجويين زرق العيون، معظمهم فقراء مرضى. فَقَدَت فكرة تحسين المستودع الجيني البشري زَخْمَها لأسباب عديدة كحركة سياسية جماهيرية.

واليوم، ومع زيادة المتاح من المعلومات الوراثية، سنجد أن أناساً أكثر وأكثر يتخذون قرارات يوجينية واقعية - عندما يختار زوجان أن يجهضا جنينهما المتخلف عقليا، عندما يتخذ أحد الزوجين قرارا بعدم الإنجاب لأنه أو لأنها تحمل جينا لمرض وراثي، عندما يفحص بنك الحيامن الواهبين المحتملين للكشف عما يحملونه من صفات. فإذا كانت اليوجينيا هي توجيه توالد البشر، أو هي محاولة تحسين الإرث الوراثي لمن لم يولد بعد، فكل ما سبق يندرج تحت هذا المعنى. قد يكون هناك الآن من اليوجينيا الحقيقية أكثر مما كان أيام فورتها.

ومعظم اليوجينيا الواقعية يوجينيا قصيرة المدى - مثل اختبار الأزواجُ الحَمْلَ الذي يجهضون أو الحمل الذي يستَبْقُون - أو يوجينيا محدودة المجال - مثل حالة الجماعة اليهودية في نيويورك. يمكنك أيضا أن تلحظ تضمينات يوجينية مَكْنِيَّة في سياسات معاهد عامة أو شبه عامة. قرر أحد كبار الرسميين بولاية كاليفورنيا ضرورة أن يُعرض على كل حامل أن تجرى فرزاً لمرض وراثي واحد، وكان ذلك على أمل مُعْلَن هو "أن بعض من سيجدْن بالجنين عيوبا بالقناة العصبية سيخترْن الاجهاض". عندما وُضع دليل "الجمعية الدولية لمرض هنتنجتون" عام ١٩٩٠، أعلنوا أنهم يقبلون رفض اختبار النساء اللوائي قد يحملن مرض هنتنجتون إلا إذا قَدَّمْن "ضمانا كاملاً بأن يجهضن الجنين إذا اتضح أنه قد يكون مصابا". أما ذلك النوع من برامج التربية الذي يشمل أمة، والذي تطلع إليه جالتون وزملاؤه، والذي بدأ هتلر والرايخ الثالث في تطبيقه - والذي يعود إلى الذاكرة عندما نسمع كلمة يوجينيا - فلم يعد له مكان الآن. لكن، في عصر البيومعلومات، تبرز على الدوام قضايا يوجينية من مختلف الألوان. أو كما قالها ستيف جونز، أحد كبار علماء الوراثة بجامعة لندن: "لن نجد لدى أي عالم جاد الآن أدنى اهتمام بإنتاج مجتمع مخطَّط وراثيا. لكن الانفجار في علم الوراثة يعني أننا سنواجه لا محالة - شئنا أم أبينا

- مشاكل أخلاقية تتعلق بحقنا في اتخاذ قرارات مُتَعَمَّدة حول تطور الانسان".

ثمة حجة طيبة للتفكير بعقل مفتوح في اليوجينيا الواقعية ، وهي الواقع الملحوظ للديسجينيا الواقعية - تدهور المستودع الجيني البشري نتيجة للتدخلات الاجتماعية والطبية المختلفة. فكل ما تقوم به العلوم الطبية لإطالة الحياة التناسلية لمن يولد بمرض وراثي، سيستمر نسلاً يحمل جينات هذا المرض. ومع تحسن علاج مرض التليف الكيسي، ومع قيام العلاج الوراثي بإنقاذ أرواح الأطفال المرضى بالاضطراب المناعي المشترك الحاد، سيتمكن معظم هؤلاء من الزواج والحياة حياةً تناسلية طبيعية، ليولد عدد أكبر من الأطفال يحملون هذه الجينات. حذر بول سيلفرمان، من جامعة كاليفورنيا في إيرفين - وهو واحد من أبرز الأخلاقيين الطبيين - حذر من أننا قد نكون ماضين في تكوين عشيرة بشرية يتزايد اعتمادها على الرعاية الصحية :

يستعمل الطب الحديث تنويعه من الوسائل العلاجية تمكّن الكثيرين من البقاء حتى عمر متقدم، الكثيرين ممن كانوا سيموتون، لولاها، في سن الطفولة. الفاكسينات والمضادات الحيوية تقي البشر من سلسلة طويلة من أمراض كانت قبلا تعتبر شائعة: شلل الأطفال، الحمى القرمزية، التيتانوس، السعال الديكي... الخ؛ تُصلّح بالجراحات التشوهاتُ الخِلْقية؛ مرضى السكر والنزف الدموي يُحقنون بمركبات جوهرية لا تسمح وراثتهم بإنتاجها؛ سرطانات الطفولة واللوكيميا تعالج بالكيماويات والإشعاع ونقل نخاع العظام. وبحمايتنا الأطفال وعلاجهم لوقف آثار الانتخاب الطبيعي ضد الأمراض والعيوب الوراثية، فإنا نكون قد خلقنا مستودعاً جينيا تتزايد قابليته للإصابة بالأمراض المعدية والخبيثة في أواخر العمر. فإذا لم نستمر في اتباع الطرق الصحية العامة والخاصة وفي استعمال مضادات التلوث، فقد تظهر أوبئة لا قِبَل لنا بها.

ومن عجب أن تكون الهجرة الكرضية واحدة من أكبر القوى في تحسين المستودع الجيني البشري في الوقت الحالي - وكانت الهجرة هي أفظع ما يخشاه اليوجينيون العنصريون الذين رأوا في الهجرة والتلاقح بين السلالات عيبا وراثياً يتزايد في العشيرة الأمريكية. على أن جونز يعتقد أن الهجرة وتلاقح السلالات يتسببان في انخفاض جوهري في العيوب الوراثية. يقول: " حيثما وجهنا النظر، فثمة ما هو واضح: لقد تناقصت التربية الداخلية بالعشائر البشرية في الماضي التطوري القريب. إن تزايد الزواج من خارج المجموعة هو واحد من أكثر التغيرات درامية في التاريخ التطوري الحديث، ولقد تَفُوق آثاره كلَّ ما قد يقوم به علم الوراثة الطبية".

ولما كانت الاعتبارات اليوجينية قد استُغِلت في تبرير التشريعات ضد الهجرة، فقد يجادل الفرد منا الآن بأن المعلومات الحالية تتطلب أن تقوم الحكومات بإزالة كل الحواجز وبأن تبذل كل ما تستطيع لزيادة الهجرة وتَحَرُّك البشر، لخدمة رفاهة العالم الوراثية. أنا لا أفترض أن هذا سيحدث قريبا - لكن فكرة جونز عن الآثار اليوجينية للهجرة - وهي بالضبط عكس النظرة التي سادت الفكر الغربي يوما - تقدم مثالاً رائعا عن : كيف يتغير المنظور تغيراً جذريا في فترة من الزمن بالغة القصر. لا يزال لدينا بالطبع قدر كبير من العصبيات المحلية، لكنها فقدت أساسها المنطقي.

على أنني أرى أن جونز كان مخطئا في ظنه أن الهجرة ستظل قوة يوجينية أقوى فعالية من الوراثة الطبية. هذا بلا شك صحيح في الوقت الحالي، لكن هناك من الأسباب ما يجعلنا نعتقد أن مرحلة "الخلية الجسدية" في العلاج الوراثي ستمضي وبسرعة نحو مرحلة "الخط الجرثومي" - نعني من المعالجة الوراثية - التي تعالج أو تشفي مريضا - إلى معالجة وراثية تحور الجينات التناسلية بحيث لا ينتقل المرض إلى نسله - وأنا استخدم هنا كلمة نسله (لا نسلها) متعمدا، لأن المرأة تولد وبها كل البويضات التي ستستخدمها طيلة حياتها. أما في الرجال فإن الخلايا الجذعية المنتجة للحيامن تظل نشطة طوال

سي التكاثر. وعلى هذا فالأغلب أن يتم في ذكرِ أولُ علاج للخط الجرثومي. ومن الممكن جدا أن يحدث هذا من جراء الإهمال، فالمعروف أن بعض الناقلات التي تستخدم لإيلاج الجينات العلاجية في خلايا الجسم - مثل بعض فيروسات الانفلونزا والهربس - تهاجم الأنسجة التناسلية - نعني أن العلاج المستمر لشخص يعاني من التليف الكيسي، بهدف دفع خلاياه إلى انتاج بروتين يلطف الحشرجة والتهاب الرئة، قد يجعل الجين قادراً على أن ينتج نفس البروتين في خلاياه التناسلية، وتكون النتيجة ألاّ يولد نسله وبه مرض التليف الكيسي. هذا احتمال واقعي جداً له - مثل الكثير من العلاجات بالجينات - وَجْهه الطلق ووجهه المخيف. في أثناء كتابة هذا الكتاب كانت اللجنة الاستشارية للتطعيم تُشَكِّل مجموعة عمل لدراسة "قضية الخط الجرثومي".

تُختبر في الوقت نفسه بضعة مداخل متعمَّدة في علاج الخط الجرثومي. ثمة وسيلة لتحويل جينات "ما قبل الجنين" أثناء الاخصاب في الأنبوب، قبل أن يُغرس الجنين في رحم الأم. وهناك أخرى - نجحت بالفعل في الحيوانات - تولج فيها الجينات في الجنين، وطريقة ثالثة تتلخص في استزراع الحيوانات المنوية وتحويرها ثم استخدامها في التلقيح الاصطناعي أو في التلقيح بالأنبوب. أما المتوقع الآن فهو أن العلاج الجيني للخلايا الجسدية سيصبح طبا معياريا عند تحول القرن، وقد لا يتخلف عنه كثيرا علاجُ الخط الجرثومي - إن تخلف على الاطلاق.

هذه بلا جدال خطوة تطورية خطيرة، خطوة ستأخذ حظها من الجدل الحامي عندما يتكشّف أن هناك من يتأهبون للعمل عليها، أو يعملون عليها، أو قد نجحوا فيها فعلا، وستكون اليوجينيا جزءاً من ذلك الجدل.

والواقع أنه من الممكن أن تُستخدم الآن الاعتبارات التطورية ضد علاج الخلايا الجسدية بالجينات، فترجِّع صدى القضية التي أثارها سبنسر، وعدد من

المتحمسين للدارونية، ضد التطعيم: إنه سيمكن بعض الناس، ممن كانوا سيهلكون لولاه، من البقاء والتناسل. أما علاج الخط الجرثومي فهو يوجيني.

وأنا أشك في أن تصبح اعتبارات المستودع الجيني البشري كله هي العامل الحاكم عند من يتخذون القرارات الوراثية. لكن من المحتمل تماماً أن يختار علاجَ الخط الجرثومي سُلاَّلُ العائلات ذات التاريخ الطويل في ولادة أطفال يحملون مرضا وراثيا مثل مرض هنتنجتون أو تاي ساكس – إذا كان هذا العلاج يَعِدُ بالتخلص من المرض في الأجيال التالية. ومن المعقول جدا، أيضا، أن يغدو البعض من هذه الأمراض بلا أهمية – من خلال الجمع بين الفرز الوراثي والعلاج بالجينات – فتأخذ طريق الجذري إلى غير عودة.

كل هذه احتمالات يوجينية حقيقية، ستصبح بلا شك مع تقدم الزمن قضايا يوجينية حقيقية تناقش على أسس اقتصادية وأخلاقية. إنها تتعلق بنمط ضيق – إن يكن كبيراً وهاما – من الاضطرابات ثبت أنه وراثي، ويتضمن في العادة جينا واحدا. وهذه الاحتمالات لا تتعلق بالتخلص من صور غير واضحة التحديد من القصور – مثل "ضعف العقل" – لا ولا هي تتعلق بتوليد سلالة من العمالقة و/ أو العباقرة، وإنما تختص بمشاكل واقعية محددة يتعامل معها الناس الآن، وقد يتعاملون معها بطرق مختلفة. لم يعد موضوع التطور الوراثي البشري– أو الأفعال البشرية التي قد تشكل طريق هذا التطور – المملكةَ الخاصة باليوتوبيين والعنصريين، وإن كنا سنسمع أصوات هؤلاء بلا شك. تصبح المعلومات عن الوراثة الآن جزءاً من حياتنا اليومية، ليكتشف الناس بالتدريج أن الكثير من القرارات الشخصية والسياسية لها نتائج وراثية. ومثل هذا التفهم في ذاته بعدٌ آخر للعلاقات الجديدة والالتزامات الاجتماعية التي يخلقها التحول التطوري الحالي. إذا كانت هذه يوجينيا، فدعنا نغتنمها على خير وجه .

الجزء الثالث

تطور الزراعة والصناعة

الفصل الثامن

إعادة ابتكار الزراعة

اليوم، ومع ظهور المناهج العلمية، ومع التكنولوجيات التي اصطحبت التطور التاريخي لهذه المناهج، أصبحت الزراعة مشروعاً علمياً حقاً. العلم يسود: بدءا من التفهم الأساسي لطبيعة النبات والحيوان والتربة والبيئة والمؤسسات (الأسواق خصوصا)، وحتى تطبيقات هذا التفهم في إنتاج الغذاء وتصنيعه.

ـ لورانس بوش.

تشير آخر الأعمال التي قام بها الآثاريون بجامعة ييل، إلى أن الزراعة قد ابتُكرت منذ نحو عشرة آلاف عام، ابتكرها أناس كانوا يعيشون على التلال بالطرف الشمالي للبحر الميت. كانت هذه هي حضارة النطوف، وهذا اسم الشعب الذي أقام هذه الحضارة المتقدمة وسكن هذه المنطقة فترة طويلة، وتمكّن بالفعل من حياة مستقرة. كانت لهم منازل حسنة البناء وتركيب اجتماعي مصقول وكانت لهم أدواتهم: مناجل من الحجر الصوان وهاونات حجرية يستخدمونها في حصد الحبوب ومعالجتها. ثم، وفي مرحلة معينة، تحولوا إلى زراعة الحبوب وتصنيعها. كان هذا التحول هو أخطر ما حدث من تحولات في مجرى تطور الانسان.

يقول الآثاريون إن الابتكار كان نتيجة "لقاء مصادفات". من المفروض أن تجتمع عناصر أربعة في نفس الوقت: الموارد الوراثية، التكنولوجيا، النظام الاجتماعي، والحاجة.

كانت الموارد الوراثية هي الحبوب البرية المتاحة التي تعوَّد الناس على حصدها. أما التكنولوجيا فكانت معرفتهم بطريقة حصد مثل هذه الحبوب والتعامل معها، بجانب ما طوروه من أدوات لهذا الغرض. وكان النظام الاجتماعي أمراً جوهريا: فلم يكن لمجتمع بدوي بدائي أن يتمكنّ من تنظيم العمل وتوزيع الغذاء. أما الحاجة: فإن التاريخ – كما تقترح النظرية – يقول إن المناخ كان آنذاك يتغير في وادي الأردن منذ فترة – ليصبح أكثر حرارة وجفافا. جفت البرك الصغيرة، فاضطروا إلى التراجع نحو برك أكبر بالمنطقة، وتسببت كثرة التحرك في عجز في الغذاء، كما تسبب الجفاف في ذات الوقت في اختزال مواطن الحياة البرية وفي قصر موسم الحبوب.

لكن هذه الأزمة منحتهم الفرصة. المناخ الأدفأ يزكي الأنواع الحولية من الحبوب البرية والخضراوات – تلك التي تكمل دورات حياتها في آخر الربيع – لا الأنواع المعمرة. كانت حبوب الحوليات أكبر حجماً، تحميها قشور، ويمكنها أن تبقى حية خلال الصيف الجاف القاسي، لتنبت في الأشتية الباردة المطيرة. والمُفترض أن بعض النطوف الأذكياء قد لاحظوا هذا، وبدأوا في تشجيعه شيئا فشيئا، كل عام، بتخزين الحبوب بعد الحصاد ثم زراعتها في الموسم المطير التالي. بذا بدأت الحياة الزراعية – ربما دون أن تُلْحظ في بادىء الأمر: وقتٌ للبذْر ووقتٌ للحصاد.

ربما لم يحدث ذلك بالطريقة التي وصفتُها بالضبط – وربما حدث هذا أيضا في أوقات أخرى بأماكن أخرى – لكنه حدث. أصبحت منطقة نهر الأردن زراعية، أصبح ساكنوها ضرباً آخر من البشر. تُمثل هذه التقلاتُ قفزاتٍ في التطور الحضاري للانسان – من حياة الصائد جامع الثمار إلى الزراعة – وتُحرك سلسلة مستمرة من تغيرات أبعد. يزداد المخزون من الغذاء، ويزداد تعداد السكان. تقام المدن وتنشأ نظم جديدة دينية وسياسية. ولقد حدثت أيضا تغيرات في التطور الوراثي، إذ اتجه المزارعون البدائيون – دون أدنى فكرة في البداية عن تربية النبات – إلى جمع سلالات طافرة حبوبها

قوية الاتصال بالقَصَلَة بحيث يمكن أن تُحصد وتُنْقَل إلى القرية. تشير الدلائل الأركيولوجية إلى أن النباتات الطافرة التي تحفظ حبوبا ممتلئة قد سادت تماما حقول منطقة الأردن خلال فترة قصيرة من الزمن. ومع تطور الزراعة هناك، كان أن امتدت إلى الشمال – المعلومات تتسرب، الناس تتحرك – وسرعان ما انتشرت زراعة القمح والشعير والبسلة والفول في تركيا والعراق، مع كل ما يصاحب ذلك من آثار على النظم الإيكولوجية وعلى الوظائف التطورية للأنواع المختلفة من النبات والحيوان.

ومنذ ذلك التاريخ، ابتُكرت الزراعة وأعيد ابتكارها مع الزمن عدة مرات. ومن إعادات الابتكار حدثت ثلاثٌ بارزة: كانت أولاها هي التربية العلمية للنبات، بنْت القرن العشرين. لم يكن هناك "تربية" على الإطلاق إلى أن عُرفت الطبيعة التناسلية للنبات، أما قبل ذلك فكانت أهم طرق تحسين النبات هي اختيار وزراعة أفضل العينات. وبعد بزوغ علم الوراثة في بداية هذا القرن أصبحت التربية نشاطا عالميا يتركز معظمه في مؤسسات يدعمها المال العام. وكانت الميكنة الزراعية هي إعادة الابتكار الثانية – والحق أنها كانت سلسلة من الابتكارات, من بين ما أذكره عن حياتي المبكرة بمزرعة ماشية في نيفادا، صور حية لماكينات حش محاصيل العلف، وكانت تحسينات أنيقة لمنجل اليد المستخدم في القرون الوسطى – إنما يسحبه فريق من خيول العمل. انقضى عهد خيول العمل الآن هو الآخر، وتغيرت الصورة المَقَوْلبة للمُزَارع الأمريكي – من رجل محراث إلى رجل فوق جرار. تنحو الميكنة إلى تقليل قدر العمل المبذول لإنتاج الغذاء، وزيادة المدخلات من الوقود الحفري. ثم، وفي سني ما بعد الحرب العالمية الثانية، تحولت الزراعة مرة ثالثة بتطوير الكيماويات العضوية. ارتفعت الإنتاجية مع استخدام المخصبات الكيماوية ومبيدات الآفات ومبيدات الأعشاب، لكنها تسببت في مشاكل هائلة: تلوث البيئة والإضرار بصحة عمال المزرعة. أما التحدي اليوم فهو زيادة الإنتاجية مرة أخرى، على أن يتم ذلك دون آثار جانبية سلبية – إن أمكن. أن نحصل

على مزايا بيئية وصحية بتقليل الوقود الحفري والإستغناء عن معظم الكيماويات الزراعية.

التحول التالي

يختلف الوضع العالمي الحالي اختلافا بيّنا عن الأزمة المحلية التي واجهت النطوف، لكنه يشبهها في بعض النواحي الأعمق. مرة أخرى تتلاقى العوامل الأربعة ذاتها: المصادر الوراثية، التكنولوجيا، النظام الاجتماعي، والحاجة. لكن المصادر هذه المرة أصبحت مكتبةً كرضية من المعلومات الوراثية يمكن تطويعها لاستخدامات جديدة. والتكنولوجيات الحديثة – لاسيما البيوتكنولوجيات – تمكّننا من أن نفعل بالنبات ما لم نتمكن منه أبداً قبلا. ولدينا تركيبة اجتماعية من منظمات عامة وخاصة – إن تكن دون ما يستدعيه الوضع الحالي – تدعم بعض البحوث والتنمية وتساعد بعض منتجي الغذاء في الوصول إلى الجديد من التكنولوجيات والمعلومات. ثم إن الحاجة إلى إنتاج أفضل من الغذاء وتوزيع أفضل له –تلك التي نشأت عن الانفجار السكاني والضغوط البيئية – هي أمر واضح جليّ، بل والأغلب أن تتفاقم هذه الحاجة.

غير أن عشرة آلاف عام من التاريخ قد علمتنا أن أخطر إعاداتِ ابتكار الزراعة ليست بجرد تعديلات تكنولوجية بسيطة تُستعمل في المزرعة دون أن تؤثر فينا جميعا. إنها خطوات على طول طريق التطور الحضاري والوراثي – نقلات واسعة النطاق تعيد تشكيل المجتمعات والحكومات والاقتصاديات والنظم الإيكولوجية. تكون نتائج الكثير من هذه النقلات متفاوتة الأثر – طيبة للبعض سيئة للبعض الآخر – ويكون لجانبٍ منها آثار ثانوية مكلفة ومدمرة. وعلى هذا، فإذا ظهرت ثورة زراعية جديدة على الطريق قادمة – وهناك الآن بالتأكيد واحدة – تَباين الناس والجماعات كثيرا في استجابتهم

لها، وتباينت درجة حماستهم، وقدموا تنبـؤات غاية في التبـاين حـول مـا قـد تكون عليها نتائجها.

للزراعة معسكراتها الإيديولوجية الخاصـة، الـتي تكـاد تنـاظر المعسـكرات الطبية. فمن ناحية، هناك مؤسسة الأعمال الزراعية، بآلياتهـا الثقيلـة، وقوتهـا الضاريـة مـن الكيماويـات، وشـبكتها مـن الروابـط القديمـة بـين الجامعـات والتجارة والحكومة. يميل أعضاء هذه المؤسسة إلى أن يتخذوا موقـف الدفـاع عند الحديث عن عيوب الإبداعات السـابقة، وهـم متفـائلون إلى أبعـد مـدى بالنسبة للوعود الزاهية بما سيأتي مـن ابتكـارات. وهنـاك مـن ناحيـة أخـرى الجيفرسونيون العصريون الذين يعشقون – من بُعْـدٍ مريـح، كمـا لاحظْـتُ – المباهجَ والفضائل المتأصلة في حياة المزرعة، وياحبذا لو كانت صغيرة وكـانت متحفظة في تطبيقها للتكنولوجيا. تضم هذه المجموعة أنصارَ الزراعـة العضويـة – ولهم شبكتهم الخاصة من المخازن والمطاعم والمطبوعات ومراكـز البحـوث – ومعهم الكثيرين من البيئيين. ومثلما تتمسك مؤسسة الأعمال الزراعية، في قوة، بإيديولوجيا التقدم، كذا تتمسك الجماعة الأخـيرة بإيمانهـا الراسخ بأن التكنولوجيا هي عدو الإنسانية والطبيعة، وبأن الحلول التكنولوجيـة لا تجلـب إلا مشاكل جديدة.

يدرك الطرفان أهمية المعلومات في الزراعة، ولكن آراءهمـا تختلـف بشـكل مذهل بشـأن ماهيـة المعلومـات المفيـدة ومـن أيـن تـأتي. فمؤسسـة الأعمـال الزراعيــة تنظــر إلى المعــامل والمــدارس الزراعيــة وكبــار منتجــي البــذور والكيماويات. وأفضـل المعلومـات في نظرهـم هـو مـا يتخـذ صـورة الحقـائق العلمية. أما الجماعــة الأخـرى فـأفضل المعلومـات لديهـا علـى الأغلـب هـي الحكمة، التي غالبا ما يجدونها في الثقافات القديمة أو في معارف المُزارع الـذي يعمل بيديه. تميل مؤسسة الأعمال الزراعية إلى الاعتقاد بأن الجديـد في العـالم والتكنولوجيـا يـأتي استجابة إلى الحاجـة، أمـا الجماعـة الأخـرى، فتعتقـد أن

الجديد في العلوم والتكنولوجيا يُفرض في أحوال كثيرة على المُزارع بغض النظر عن حاجته إليه.

تتداخل اهتمامات المجموعتين في الواقع، فهما ليسا كيانين منفصلين، فلقد نجد البعض من مجموعة الأعمال الزراعية وهم يرودون مبدعين مجالاً أقل صرامة من الناحية الإيكولوجية. ولعل أفضل مثال على ما أقصده هنا هو "المكافحة المتكاملة للآفات" -وهذا منهج معقد يربط ما بين الزراعة رفيعة التكنولوجيا وبين المسئولية البيئية، وهو يستخدم حشداً من التقنيات يضم التحليل الكمبيوتري لأنماط حياة الحشرة أو المفترس، والدورة الزراعية، ومصائد كهربائية بارعة للحشرات، ثم - وحيثما كان ملائماً - استعمالاً محدوداً من المبيدات الكيماوية. ويحتاج من يستخدم المكافحة المتكاملة من المزارعين إلى مستشار - يسمى عادة باسم "الرائد" - بديلا عن نصائح الممثل المحلي لشركة كيماوية. وهذا الرائد -مثل رجال التعداد- يمضي إلى الحقل ومعه جهاز يشبه مكنسة كهربائية ضخمة، يجمع به عينات من الحشرات لتحديد الطبيعة الواقعية لعشيرة الآفات بالحقل. يمكنه بتحليل البيانات أن ينصح المزارع بالاستراتيجية المثلى لمقاومة الآفة. وقد يتضمن هذا استخدام المقاومة البيولوجية - حشرات أخرى - أو قد يتضمن استخدام مبيد الآفات في وقت معلوم في فصل النمو. والهدف هو استعمال أفضل تقنية متاحة، بصورة اقتصادية انتقائية، وتجنب الرش المكثف بالكيماويات الزراعية، والتي أصبحت تُميِّز - بكل أسف - الكثير من الزراعات الحديثة.

وهذا المدخل الفلسفي - الرغبة الخلاقة في استخدام التكنولوجيات الرفيعة في إنتاج كفء مسئول بيئيا - هو أفضل أمل لحل بعض النزاع الإيديولوجي، وأنا أعتقد أنه يمثل الاتجاه السائد في زراعة المستقبل. لكن لنا أن نتوقع على طول الطريق الكثيرَ من المعارك بين عشاق التكنولوجيا وكارهيها.

الزراعة الوراثية

الحق أنه ليس ثمة من شك - أيا كانت نزعتك الجمالية أو الإيديولوجية تجاه الزراعة - في أن الروابط بين إنتاج الغذاء والعلم قد تزايدت كثيرا. تتحول الزراعة على طول العالم وعرضه بسبب الاكتشافات العلمية والابتكارات التكنولوجية. ونتيجةً للتربية العلمية للنباتات ستجد كل هذه المفردات المتاحة بالسوبر ماركت - وفي مخازن البقالة العضوية - مفردات لم تكن موجودة منذ قرن. ثم إن طبيعة الزراعة تتغير هي الأخرى - وأصبح الكثير منها يبدو وكأنه ما يسمى "مشاريع التجارة الزراعية" أو "الصناعة الزراعية".

خذ مثلا نتيجة أبحاث اثنين من المربين بالولايات المتحدة قاما بإجراء تجارب مثيرة على الذرة ما بين عامي ١٩٠٧ و ١٩١٠. تمكّنا من إنتاج خطوط مرباة داخليا من الذرة، ثم لقحا هذه السلالات لإنتاج هُجُن - سلالات منتجة غاية في القوة، لكنها عقيمة. انتهت هذه التجارب إلى اختبارات حقلية نظامية في العشرينات، وبسرعة قَبِل المزارعون الهجن عندما أتيحت لهم تجاريا. في عام ١٩٣٣ كانت النسبة من أراضي الذرة المخصصة للهجن أقل من ١٪، وبعد عشر سنين وصلت النسبة إلى ٩٩٪. سَعِد المزارعون بالذرة الجديدة بسبب تماثلها وانتاجها المرتفع ومقاومتها الأمراض، وسعدت بها أيضا شركات البذور لأن المزارع يحتاج إلى شراء بذور جديدة في كل عام. هذا التطور إذن أنتج ذرة أفضل ومحصولاً أعلى - لكن كان مَثْلَبَة - التماثل الوراثي للمحاصيل. فعلى الرغم من وجود عدد من سلالات الذرة فقد كانت جميعا متماثلة وراثيا - متماثلة أيضا في قابليتها للإصابة بمرض لفحة الذرة الذي تفشى بالولايات المتحدة عام ١٩٧٠، ودمر نصف المحصول في العديد من الولايات الجنوبية.

وإليك مثال آخر: أكبر ما حدث من تطورات مشهودة في تاريخ إنتاج غذاء الانسان. أنتجت الثورة الخضراء سلالات جديدة عالية الإنتاج من القمح والذرة والأرز، تسببت في زيادات مذهلة في إنتاج الغذاء، ولقد كان التحول أكبر حتى مما حدث عند ظهور الذرة الهجين. ففيما بين عامي ١٩٦٠ و١٩٧٠ تحول أكثر من ٧٠٪ من مساحات القمح ببنجلاديش والهند ونيبال وباكستان إلى زراعة سلالات القمح الجديدة، الأمر الذي حال دون وقوع مجاعة هائلة كانت متوقعة بالهند، لتصبح الهند في الواقع مصدِّرة للغذاء. ومثلها أصبحت أيضا إندونيسيا، التي كانت يوماً أكبر دول العالم استيراداً للأرز. لكن الإنتاج الوفير يحتاج قدراً كبيرا من المياه وكميات وفيرة من الأسمدة والمبيدات. تغيرت النظم الزراعية، وتبعتها أيضا تغيرات اجتماعية واقتصادية، وتكنولوجية ثانوية. حصل الفقراء على الغذاء، وتضخمت ثروة البعض من كبار ملاك الأراضي. هُجرت العربات التي تجرها الثيران وحل الجرار محلها. كتب أحد المعلقين يقول: "أدّت التكنولوجيا الجديدة إلى تغير في أنماط المحاصيل وفي طرق الإنتاج، أسرعت بتطوير زراعة رأسمالية موجهة إلى السوق، كما عجّلت بزوال زراعة الكفاف". وعلى هذا فسنقابل الكثيرين ممن يرفضون الثورة الخضراء إلى حد يصل إلى الازدراء، ويرون فيها شيئا فرضه العلماء في تهجم على الجماهير.

تلقي هذه النماذج التاريخية ظلالها على خلفية الثورة الزراعية العلمية الجديدة، التي تنشأ الآن. وهي تصلح كأدلة واعدة على أن في مقدور العلم الزراعي أن يؤدي أشياء رائعة، كما تخدم كرسالة تذكرنا بأن الأشياء الرائعة تحمل عادة بطاقة سعرها.

لأسباب عديدة ظلت التطبيقات الزراعية للبيوتكنولوجيا متخلفة لفترة عن التطبيقات الطبية. من بين الأسباب، أنه لم تكن هناك قاعدة بحثية كافية تبنى عليها – فلقد استفادت البيوتكنولوجيا الطبية كثيرا من التراث العلمي لحملة "الحرب ضد السرطان" التي أغدقت فيها على البحوث ملايين الدولارات من

الأموال العامة. ثمة سبب آخر هو أن المعارضين للبيوتكنولوجيا قد تمكنوا من تحريك الرأي العام بشكل أكثر فعالية ضد اختبارات الحقل التي قد تكون لها نتائج غير محسوبة، وضد المنتجات الزراعية الجديدة التي قد تحمل مفاجآت غذائية غير سارة. وُوجِهت أولى محاولات الاختبار الحقلي لمنتَج زراعي بيوتكنولوجي بالولايات المتحدة – وكان سلالةً محورة وراثيا من بكتريا سيدوموناس (والسلالة البرية منها تدمر المحاصيل إذ تكوِّن بلورات ثلجية على أوراق النبات) – وُوجِهت بدعاوي قضائية، ومظاهرات، وتخريب متعمد للمتلكات العامة، في مناطق عديدة بكاليفورنيا كان المفترَض أن يجرى بها الاختبار. كانت هذه السلالة من البكتريا واحداً من منتجات البيوتكنولوجيا الوراثية، لم يُضَف فيها شيء، إنما أُزيل الجين المتسبب في تكون بلوات الثلج. كانت فكرة العلماء – وهي إحدى الاستراتيجيات الأساسية للمقاومة الحيوية – هي أن تُرَش البكتريا المحورة على النباتات، لتنافس السلالات البرية وتحتل مكانها على الأوراق. وعندما أمكن اختبارها في نهاية الأمر، كان أداؤها بالضبط كما أُعلن وبدون نتائج معاكسة – ولكن ليس قبل أن تُعرض على الجمهور سيناريوهات من الخيال العلمي مفزعة عن بكتريا محورة ينفلت عيارها وتتكاثر بلا حدود. ثمة مقالة ظهرت بمجلة "جزيرة الأرض" البيئية – مستشهدة في فَجَاجَة بسيناريو لجيريمي ريفكين ذي الخيال الواسع والمعارض العنيف للبيوتكنولوجيا – حذرت من أن "خفض درجة الحرارة التي تتجمد عندها الأمطار التي تسقط فوق سلاسل الجبال الرئيسية، والذي ستسببه هذه البكتريا المحورة، سيقلل بصورة جوهرية من كمية الجليد التي تسقط، الأمر الذي سيؤثر حتما على منتجعات التزحلق على الجليد، والأسوأ أنه سيزيد من كمية ماء المطر الجاري فوق سطح الأرض ليُغرق التلال والأراضي المنخفضة".

كان إدخال طماطم فلافْر سافْر أيضا من بين معالم التحرك، إلى زراعة مزيدة بيوتكنولوجيًّا، التي حظيت بقسط وافر من الضجة الإعلامية. والواقع

أن هذه الطماطم كانت هي المنتَج الثالث لتكنولوجيا الدنا المطعم الذي أجازته مصلحة الغذاء الأمريكية - كان المنتَج الأول هو كاي - ماكس، المعادل البيوتكنولوجي لإنزيم معدة العجول المستخدم في صناعة الجبن (المنفحة). لسبب ما لم يهتم أحد بالكاي - ماكس، وبعد بضع سنين وصلت تسبة منتجات الجبن الذي استخدم الكاي ماكس في تصنيعه إلى ٥٠٪. أما المنتَج الثاني فكان السوماتوتروبين البقري، وهذا هرمون للنمو يشجع إنتاج اللبن في الأبقار.

عندما استُخدم هذا الهرمون لأول مرة قامت ضجة من جدل مرتبك حامي الوطيس. أثار النشطاء المضادون للبيوتكنولوجيا قضية عامة بالاشتراك مع صغار مزارعي إنتاج اللبن الذين خشوا من الإفلاس إذا أصبحت المزارع الكبيرة أكثر انتاجا. أثيرت المخاوف من أذى محتمل يقع على المستهلك من اللبن الناتج بهذه الطريقة، وأدى هذا إلى جدل واسع حول وجود فروق بين هذا الهرمون المطعوم، وبين الهرمون الموجود في لبن كل الأبقار على أية حال. قامت شركةُ بين وجيري للآيس كريم، الملتزمة سياسيا، بإلصاق بطاقات على منتجاتها تعلن فيها أن المؤسسة لا تشتري منتجات اللبن من مزارع تحقن أبقارها بهذا الهرمون المُطَعَّم. كان هذا شيئا طيبا بالنسبة لبعض المستهلكين، وإن كان بعض الناقدين قد أشاروا إلى أن الآيس كريم الممتاز لهذه الشركة قد يكون خاليا من الهرمون غير الطبيعي، لكنه مُثقَل بالدهن الطبيعي - القاتل - للّبن.

ثم جاءت طماطم فلافْر سافْر، مُنتَج من منتجات تكنولوجيا التعطيل الوراثي، صُمِّم لتَنْضج الثمار على النبات بحيث لا تتهرأ حتى تصل إلى المائدة. كان هذا أول منتج يتذوقه المستهلك عارفاً أنه يأكل منتجاً بيوتكنولوجيا. ولقد أثار قدراً هائلا من الخلاف - ثارت الشكوك في أن تكون هذه الطماطم ناقصةً من الناحية الغذائية، أو حتى خطرة. شهدتُ عدداً من المؤتمرات نوقشت بها هذه القضايا، وكانت الدعوى الوحيدة المقْنعة ضد

فلافْر سافْر فيما سمعت هي احتمال أن يكون بعض الناس حساساً لها. لم نصل بعد إلى إجابة شافية لهذه المسألة، لكن آخر ما ظهر من تقارير يقول إن هذه الطماطم قد قُبلت ووجدت طريقها إلى موائد المستهلكين. تأخر ظهور التقرير، لكن التأخير كان أساساً بسبب مشاكل في الإنتاج والتوزيع وليس بسبب المزاعم المتهورة التي كانت تناقش بالمؤتمرات، ويُستشهد بها في مقالات الصحف عن الطماطم غير الطبيعية. هناك علاقة بين قصة الطماطم وقصة هرمون السوماتوتروبين، ذاك هو أن ما أصاب شركة مونسانتو، التي صنعت الهرمون، من سعادة بالمبيعات الكبيرة التي تمت بعد أن هدأت العواصف الأولى بسلام، قد جعلها تتحرك بكل ثقلها إلى حقل الزراعة البيوتكنولوجية. قامت إذن بشراء جزء من كالْجين – شركة الطماطم – ورتبت أمورها بحيث أصبحت كالْجين شركة كبرى لتعبئة وتسويق الطماطم الطازجة.

كانت البيوتكنولوجيا الزراعية أبطأ بعض الشيء في الخروج إلى النور، لكنها تتقدم الآن بسرعة في طريق التطور. لنا أن نتطلع بأمل إلى زيوت للطبخ خالية من الدهون المشبّعة، إلى كيزان ذرة لها الطعم الطازج بعد قطعها بأسبوعين، إلى فنجان قهوة بلا كفايين من نباتات بُن بلا كفايين. وهذه الثورة لا تجري فقط بالولايات المتحدة وإنما بالعالم كله. من فترة ليست بعيدة حضرتُ مؤتمراً آخر كان يضم جمعاً دوليا من بحاث بيوتكنولوجيا الأغذية – علماء من أفريقيا وآسيا وجنوب أمريكا وأوروبا. تنبأ واحد منهم في ثقة بأن كل نباتات المحاصيل الرئيسية ستتحول قبل نهاية هذا القرن. وهذا لا يعني أن كل نباتات المحاصيل الرئيسية في كل مكان ستكون من منتجات البيوتكنولوجيا، وإنما أن سلالات من كل محصول ستُعاد هندستها. أعلن المؤتمرون عن تقدم في تحوير المحاصيل الأساسية مثل اليام والطماطم والموز والقمح والذرة. كانت معظم التحويرات المبكرة تهدف إلى مقاومة الآفات والأمراض، وزيادة الانتاجية، ورفع القيمة الغذائية. وسيأتي بعد قليل تثبيت

النتروجين – الأمر الذي قد نستغني بـه عـن استخدام الأسمدة الكيماوية أو نقلل منها – ثم سلالات تتحمل الملوحة والجفاف.

البعض من التغيرات الناجمة عن هذه الجهود لن يكون دراماتيكيا بخاصة – أو حتى ملحوظا. سيمضي الكثيرون يزرعون نفس المحاصيل – بل وحتى بنفس الطريقة – على الرغم من أنها قد حُوِّرت وراثيا. ليس ثمة ما هو مختلف حقا في الطريقة التي تزرع بها البطاطس المقاومة للفيروس إذا كنتَ أفقر أصلاً من أن تستخدم مبيدات الآفات، فكل ما سيحدث هو أنك ستجني بطاطس أكثر. لكن هناك حالات أخرى يتحول فيها المزارعون إلى محاصيل تجارية جديدة، لها نتائج كثيرة احتماعية واقتصادية وإيكولوجية. ستتغير الزراعة، وسيكون تحولها في بعض المناطق بسرعة مذهلة وعلى نطاق هائل. من بين أسباب هذا التغير أن البيوتكنولوجيا ليست هي القوة الوحيدة التي تلوح في أفق الزراعة، إنها مجرد جزء واحد من تحرك الزراعة إلى المعلوماتية.

مُزَارع المعرفة

كانت المعلومات دائما جزءاً محوريا من الزراعة، ودورها في الزراعة يتزايد الآن. على المزارعين أن يتعلموا أشياء جديدة، ويتزايد العدد منهم الذي يبحث عن العون في الماكينات الذكية، أو في نظم المعلومات المتقدمة المدعّمة، أو فيهما سويا.

أمامنا الآن مُزارع من مينسوتا يقود جراره عبر السبعمائة فدان التي تشكل مزرعته. كان الجرار ذاته ثوريا عندما ظهر، ووجوده الآن لن يثير بالطبع كثيرا. لكن خذ بالك من جهاز الاستقبال والكمبيوتر الصغير بكابينة قيادة الجرار. يحمل الكمبيوتر برنامجا للتحكم في توزيع الأسمدة الكيماوية، وبيانات عن تركيب التربة في كل جزء من الحقل. يلتقط جهاز الاستقبال رسائل من الأقمار الصناعية – يبثها برج قريب – تحدد موقع الجرار بالضبط وتغذي الكمبيوتر بالمعلومات الجديدة. يحدد الكمبيوتر قدر السماد المطلوب لكل

جزء من الفدان، ثم يُسَرِّب بالضبط الكمية المطلوبة إلى التربة أثناء حركة الجرار عبر الحقل. هذا ما يسمى "الزراعة الحكيمة" أو ما يشار إليه في بعض الأماكن أحيانا باسم "زراعة المواقع بالتخصيص"أو "الزراعة بالأقمار الصناعية" أو "الزراعة بالروشتة". ولقد يبدو هذا خيالاً جامحا عن حياة الريف لشخص مجنون بالكمبيوتر، إلا أنه قد أثبت فعاليته في تخفيض ما يبذل من أسمدة ومبيدات – وفيما يقدمه من مردود بيئي أيضا، فالأسمدة الزائدة تترشح طبيعيا إلى الماء الأرضي.

لك أن تتوقع أن تجد مثل هذه المغامرات من التكنولوجيا الرفيعة بالولايات المتحدة وغيرها من الدول المتقدمة – هناك "فجوة معلوماتية" حقيقية وخطيرة بين مثل هذه الدول والدول النامية – لكن إعادة ابتكار الزراعة التي تجري الآن ترتكز أساساً على البيومعلومات، ومن ثم فلها القدرة على الانتشار السريع جدا إلى المناطق الأخرى. يمكنك أن تلحظ عبر العالم كله مشاريع مكرّسة للقفز فوق مرحلة الآليات الثقيلة والكيماويات الثقيلة والتوجه مباشرة نحو أنشطة الزراعة الحديثة التي تستخدم تكنولوجيا المعلومات والبيوتكنولوجيا لخدمة الزراعة المتواصلة على النطاق الضيق.

في الهند على سبيل المثال عدد من مثل هذه المشاريع يوجهها "مركز مؤسسة سواميناثان لبحوث الزراعة والتنمية الريفية". وقد لا تظهر التكنولوجيا الرفيعة بوضوح في بعض أنشطته: استعادة خصب التربة الملحية بالمناطق الساحلية، تطوير نظم ري أكثر كفاءة، اختيار محاصيل جديدة لزراعة الغابات. لكن البرنامج يساعد أيضا المجتمعات المحلية في إقامة بنوك جينات لسلالات النباتات التي حفظها المزارعون أو طوروها. ويحمل مركز المؤسسة للمعلوماتية مجموعة من الكمبيوترات ومكتبة إليكترونية من أقراص "ذاكرة القراءة فقط" CD-ROM. لهذا المركز روابط بالإنترنت، ومن ثم بروابط عالمية للخدمات المعلوماتية، بل إنه مزورد بمولّد فولتائي شمسي.

تمت الشبكات الدولية لمثل هذه الأنشطة، وأصبح لها كيان من البحوث حول ما يسمى الآن "مزج التكنولوجيا"، وهذا مدخل إلى التطوير يرتكز على الفرض بأن التقدم العلمي والتكنولوجي سيؤثر لا محالة على صغار المزارعين، فبدلاً من انتظاره ليأتي هاويا من عَلٍ، ربما كان لنا أن نحاول مساعدة الناس في أن تجد طرقا جديدة أكثر انتاجية لأداء المهام – دون تمزقات خطيرة. لا يقف مزارع مينسوتا إذن وحده هناك على تخوم المعلوماتية. ثمة أشياء مثيرة ومدهشة تحدث الآن بكل مكان في العالم. في مصر، في البعض من أقدم مزارع العالم المروية، يستخدم الليزر في تسوية سطح الأرض لتقليل مياه الري إلى الحد الأمثل. وفي بوركينا فاسو تسهم الأقمار الاصطناعية في خَرْطَنَة مسالك الطرق الزراعية. وفي ماليزيا تخدم شبكةُ معلومات مُكَمْتَرَة حاجات مزارعي المطاط الصغار.

البيوتكنولوجيا إذن ليست سوى عنصر واحد في لقاء تطوير الآليات ونظم المعلومات والتجارة الدولية والعلوم الزراعية، التطويرات التي تنقلنا بسرعة إلى فصل جديد من القصة التي ربما شهدت بدايتها تلال فلسطين الجنوبية. يقول أحد أعضاء هيئة تدريس كلية الزراعة جامعة بوردو: "جاء المحراث ومضى، جاءت الآلة البخارية ومضت، ثم جاء الجرار، وليس الآن من مكان يمضي إليه سوى المتحف".

غذاء بلا مَزَارع، مَزَارع بلا غذاء

وفي أثناء تطور الزراعة تظهر طرق جديدة تماما لإنتاج الغذاء – طرق يصعب أن نعتبرها زراعة على الاطلاق. هناك على الناحية الأخرى من الزراعة يتشكل شيء جديد، كما يظهر أيضا ضرب جديد من الزراعة – لا ينتج الغذاء، وإنما الدواء.

كتبتُ في سنة ١٩٩٠ مقالا أتنبأ فيه بأنه سيأتي يوم يمكن فيه أن ننتج في المصنع مفردات غذائية حقيقية – مثل عصير الفاكهة، الدقيق، الزيوت النباتية،

الجيلي، عجينة الطماطم. إعتمد بحثي آنئذ أساساً على أعمال اثنين من أغرب العلماء وأكثرهم إثارة: مارتين روجوف، الميكروبيولوجي الذي كان في ذلك الوقت مديرا لمركز بحوث وزارة الزراعة، في ألباني كاليفورنيا – على مقربة من مكان سكني – وستيفن رولينز، وهو عالم من علماء الأراضي بمعمل بحوث النُظُم في بلتسفيل ماريلاند. قامت الحكومة الفيدرالية بجمع الاثنين معا للعمل في مشروع للتخطيط الاستراتيجي بعيد المدى، مشروع من قبيل ما تتوقع أن تلاقيه في بعض وكالات الدفاع السرية لا في الطرقات الهادئة لوزارة الزراعة الأمريكية. كانت المهمة التي كُلفا بها هي التفكير فيما قد يحدث إذا تسببت واقعة ما في اضطراب جوهري بنظام إنتاج الغذاء في أمريكا – أيّ شيء، بدءاً من توقف تدفق الوقود الحفري وحتى تصحر مناطق "سلة الخبز" بسبب تحات التربة و/ أو تغير المناخ. كانت المهمة كما وصفها روجوف هي "التفكير فيما قد يحدث لو سُددت إلينا ضربة شديدة حقا"، وذلك بالطبع بجانب التفكير في الطريقة التي قد نتجنب أسوأ آثار مثل هذه الكارثة.

كان أول ما ظهر لهما من أشياء مزعجة: القابلية المخيفة لسقوط نظام الغذاء الأمريكي– إذ تنقصه الموارد المؤازرة. لدينا مخازن لبعض المؤن الغذائية، مثل الحبوب، لكن يصعب أن تجد أي احتياطي على الاطلاق من معظم ما يأكله الناس من المفردات الأخرى – كالخضراوات. تملكهما القلق، لكنهما فكرا أيضا فيما يجري من بحوث البيوتكنولوجيا، وأثارت انتباههما فكرة نظام بديل لإنتاج الغذاء، يعتمد على زراعة الأنسجة، نظام يمكن تطويره في مواجهة الحاجة إن غدت ملحة.

وزراعة الأنسجة هي إحدى المفاجآت المغمورة للبيوتكنولوجيا – هي أقل شهرة وأقل مدعاة للخلاف من التطعيم الجيني، وهي أبسط من ناحية المبدأ، وإن كانت نتائجها لا تقل إثارة. يمكن لعالِم النبات أن يأخذ شريحة دقيقة من ورقة شجرة، لينميها إلى شجرة كاملة باستزراعها في بيئة من الهرمونات والمواد الغذائية. بهذه العملية يمكن إنتاج مائة، بل قل مليون نسخة من شجرة

واحدة. ثمة ضرب آخر من زراعة الأنسجة يتضمن زراعة جزء معين فقط من النبات – مثل الثمرة التي تؤكل.

بعد أن تعرفتُ على أعمال روجـوف وروليـنز، قمـتُ برحلـة إلى جنـوب كاليفورنيا زرتُ فيها رجلاً كان يجري بحوثـا علـى زراعـة أنسـجة الفاكهـة. كان اسمه برينت تسيرات، وكان له معمل في باسادينا يقوم فيه ببحوث على تنمية حويصلات عصارة ثمار البرتقال والجريب فـروت والليمـون وغير هـذه من نباتات الموالح – حويصلات العصارة فقط، تلك الأعضاء الصغيرة الشبيهة بالغدد والموجودة بالثمرة. في هذه التجارب كان يطور بيئة مـن الكيماويـات مضبوطةً للنمو، بيئة تدفع الخلايا إلى أن تتطور إلى جيوب للعصير.

من هذه الأنسجة خرج العصير – عصير برتقال حقيقي، بلا برتقـال، بـلا أشجار برتقال. لم يقم تسيرات بهذا العمـل بهـدف إنشـاء نظـام أغذيـة مثـل "ستار تريك"، إنما كان يحـاول أن يفيـد المزارعـين التقليديـين ببسـاتين المـوالح الحارة القريبة من باسادينا، والذين يزرعون البرتقال والجريب فروت – وذلك بأن يجد لهم وسائل لاختبار الأسمـدة والملوِّثـات المختلفـة على محـاصيلهم. لم يكن في الحق متحمساً للمراسلين الصحفيين الذين مـا أن يسـمعوا عـن عملـه حتى يصلوا ليروا ما إذا كان في استطاعته حقـا أن ينتـج عصـير البرتقـال مـن أنبوبة الاختبار. ولقد كان يستطيع ذلـك حقـا – إن يكـن بكميـات غايـة في الضآلة.

كان آخـرون يجرون تجارب مشـابهة علـى زراعـة الأنسـجة. نجـح دون دورزان – عالم الفاكهة بجامعة كاليفورنيا في ديفيز – في تنمية الجزء المـأكول من الكريز في مستنبت الأنسجة . ولقد كان هو الآخر حريصـا، فـأكد أنْ لا أحد يفكـر الآن في تصعيـد هـذه العمليـة إلى مرحلـة إنتـاج جيلـي الكريـز في مصنع.

ولقد كان إنتاج جيلي الكريز في مصنع - أو عصير الفاكهة أو أيٌّ من المنتجات الغذائية الاصطناعية الحقيقية الأخرى - هو بالضبط ما رأى روجوف أنه ممكن. ولتَفَهُّم هذا الاحتمال، علينا أن نعتبر زراعة الأنسجة جزءاً من نظام، شيئا أقرب إلى ابتكار العَجَلَة منه إلى ابتكار العربة. فلتسيير مصنع الأغذية يلزم أن يُزود بالسكر باستمرار، والسكر عنصر أساسي لنمو كل النباتات وكل أجزاء النباتات التي تأكلها الحيوانات. يقوم النبات الكامل - شجرة البرتقال مثلا - بتخليق السكر عن طريق التمثيل الضوئي: يأخذ الكربون من الجو ثم مع الاكسجين والأيدروجين يصنع السكر.

اقترح روجوف ورولينز إمكانية زراعة المحاصيل المغذية - الأشجار والشجيرات - في المناطق الملائمة لها، بأقل قدر من المياه ومن الكيماويات الزراعية. هناك لن تكون النباتات عرضة للإصابات التي تحدث لمزارع البرتقال في كاليفورنيا - حيث تُحمى النباتات ضد البرد بنظم تدفئة مكلفة، وضد ذبابة الفاكهة بنشر المبيدات الحشرية بالهليوكوبتر. لا يلزم أن تجمع الثمار سنويا، بل تُخزَّن طاقة الغذاء في النباتات الحية. (يمكن أيضا أن تستخدم كمادةٍ خام صورٌ أخرى من الكتلة الحيوية، مثل كسر الخشب والقش. وهناك الكثير من أنواع الكتلة الحيوية بالعالم، كما ستُلاحظ مؤكدا بعد يوم عمل في بستان أو بعد كنس الأرصفة).

تتكون معظم الكتلة الحيوية للخشب والقش من السليولوز الخشبي: سلاسل متينة من جزيئات الجلوكوز. لا تستطيع معدة الإنسان أن تهضم هذا السليولوز، لكن الباحثين في البيوتكنولوجيا يطورون الآن وسائل مختلفة لهضمها اصطناعيا وتحويلها إلى شراب سكري بسيط. يصبح السليلوزُ الخشبي الحلقةَ المفقودةَ بين الشمس ومصنع عصير الفواكه.

سيكون للنظام إذن عناصر ثلاثة رئيسية: أولها المحاصيل المغذية. وثانيها مصنع التحويل الذي يحول الكتلة الحيوية إلى عصائر سكرية - والأفضل إذن

للوصول إلى أقصى كفاءة أن يُنْشأ حيث تنمو الأشجار والشجيرات. وثالثها مراكز إنتاج الغذاء، ويُفَضَّل أن تكون قرب المستهلكين. في مرونة هذا النظام المؤازر تكمن منطقيته وإغراؤه. ليس في الزراعة التقليدية مجال واسع للاستجابة السريعة. إذا زرعت النباتات، فعليك أن تحصدها. إذا كان لديك بستان برتقال فعليك أن تجمع المحصول عند نضجه وإلا فقدته. أما في زراعة الأنسجة فسيكون الطلب هو المُوَجِّه، يمكنك أن تزيد إنتاجك وأن تقلله، أو أن تغير الإنتاج إثر إخطار قصير.

بل ولقد يكون هذا النظام مفيداً - كما يقول البعض الآن - حتى في غير الحاجة الملحة لإنتاج الغذاء، إذ يوفر جزءاً من الغذاء المطلوب للمدن السريعة النمو بدول العالم الثالث، أو لمن يحيون بالمناطق الشديدة البرودة حيث لا تصل الفاكهة والخضراوات إلا بتكاليف نقل باهظة وبمدخلات كبيرة من الطاقة. ثمة ميزة أخرى لهذا النظام أشار إليها روجوف، وهي حقيقة أن المحاصيل المغذية تمتص ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي. يشجع البعض زراعة الغابات الواسعة لحجز ثاني أكسيد الكربون، وستسهم كل زراعة ترتكز على الغابات في مثل هذه الاستراتيجية.

حسنا، لقد كنتُ مخطئا. ففي عام ١٩٩١، وبعد نحو عام من كتابة المقال، سَجلت إحدى شركات البيوتكنولوجيا في كاليفورنيا براءةَ عمليةٍ لإنتاج مستخلص الفانيليا من مزارع الخلايا، وأقامت إدارة للإنتاج بالاشتراك مع شركة يونيليفر. قالوا إن نكهة المنتَج ستعادل في الجودة المستخلص النفيس الجميل الرائحة - والغالي جدا - الذي ينتج من بذور أوركيدة الفانيليا التي تنمو في عدد قليل من المناطق الاستوائية، مثل جزيرة مدغشقر، لكن هذا المنتج سيكون أفضل بكثير من الفانيليا الاصطناعية التي تباع الآن في معظم المتاجر. لقد بدأت زراعة الخلايا في منافسة الزراعة، بدأ (في هدوء شديد) عصرٌ جديد لإنتاج الغذاء والألياف.

أنا لا أتوقع أن تُستبدل هذه الطريقة بالزراعة - كبيرة كانت أو صغيرة. إن ما تَعِدُ به هذه الطريقة الجديدة هي إثراء طرق إنتاج الغذاء، وتنويعة المنتجات الغذائية، مثل مستخلص الفانيليا، وربما أيضا الألياف - هناك باحث في تكساس ينمي ألياف القطن في مزارع الأنسجة. وفي المجتمع الكرضي للبيومعلومات سيكون هناك الكثير من ضروب إنتاج الغذاء الزراعي وغير الزراعي.

يكمن بعض ما يغرينا بزراعة الخلايا في إمكانية أن تصبح نظاماً لإنتاج الغذاء في المدينة - أن تسهم بجزء هام من زاد العالم من الغذاء - جزء كثيرا ما يُغْفَل. فسكان المدن بالعالم كله ينتجون الآن غذاءً - في الفناء الخلفي، في الشرفات، في الحدائق الجماعية، في قطع الأراضي المتاحة بين الشوارع والبيوت؛ أشجار الفاكهة تزرع على جوانب الشوارع والطرق، أسماك المائدة تسبح في بحيرات المدن والمجاري المائية، الحيوانات الزراعية تربى بالمدن لإنتاج اللحم والبيض واللبن. والآن، ومع تزايد سكان المدن - بينما تختفي في الوقت نفسه المزارع وتفسد، وتتزايد إلى الحد الحرج التكاليفُ البيئية والمادية لتطوير مزارع جديدة - فإن هذا الجزء من نظام إنتاج الغذاء قد أصبح يستحق اهتماما أكبر مما تعودناه. وها يشجعه برنامج التنمية التابع للأمم المتحدة، بل وهناك حتى بضع مدن - مثل جاكرتا بإندونيسيا وبونيس أيرس بالأرجنتين - توفر المعلومات والعون لمن يرغب من السكان في إنتاج غذائهم. لكن معظم المحليات تتجاهل هذا النشاط، أو تكبله بالقيود أو تُحَرِّمه تماما. سنقابل هنا وهناك الحالمين، من أمثال نانسي وجون تود بمعهد الخيمياء الجديدة بماساتشوستس، الذين يتضمن تصميمُ المدينة لديهم تحويلَ المخازن إلى إنتاج الغذاء - الدور الثالث للخس، والثاني لزراعة الخضراوات زراعة مائية، والأول للدواجن والأسماك، والبدرون لعيش الغراب - بينما تُستخدم نظم الزراعة المائية الشمسية في تنمية الأسماك على الأرصفة في أنابيب بلاستيكية شفافة. وهذه الأفكار ليست وهمية تماما، فقد اختُبرت جميعا بالمعهد. وقد

نَمّى الزوجان تود سمك البلطي والسلور للاستهلاك الشخصي في أحواض بلاستيكية أنبوبية الشكل بالساحة الخلفية لمنزلهما في كيب كود. جاءت كل أعمال الزوجين تود وأعمال معهد الخيمياء الجديدة عن التقاليد العضوية / الإيكولوجية، لكن هناك بحاثاً آخرين يتفحصون وسائل مثل عيش الغراب المُهَنْدَس وراثيا، والفاكسينات ضد الأمراض التي قد تصيب الأسماك. والأغلب أن تأتي الزراعة المدينية في المستقبل -مثل ابنة عمها في الريف- في صور شتى.

المزرعة الصيدلية

قام بعضهم بصياغة هذا المصطلح ليصف ضرباً جديدا من الزراعة يعتمد على استخدام نباتات وحيوانات محورة وراثيا لإنتاج أدوية متخصصة للاستهلاك الآدمي: عنز يحمل لبنه "منشط بلازمينوجين الأنسجة" لعلاج النوبة القلبية، أغنام تصنع دواء لعلاج انتفاخ الرئة (الإمفزيما)، بطاطس تحمل بروتينا من بروتينات دم الإنسان يستخدم في الجراحة.

والزراعة الصيدلية – مثل غيرها من أنماط الزراعة – تأتي في صورتين: المحاصيل النباتية، وحيوانات المزرعة.

ومن عجب أن يكون نبات التبغ – العدو اللدود لنشطاء الصحة – ملائما تماما للتطويع لإنتاج الدواء. درست نباتات عائلة التبغ دراسة مستفيضة، وكانت المحصول الأثير لدى الكثير من الأبحاث المبكرة. يسوّق الآن بأوروبا أول منتجات الزراعة الصيدلية – سحاب شمسي يرتكز على الميلانين البشري المنمّى في نباتات التبغ – وهو ينتظر الموافقات الرسمية المعتادة بالولايات المتحدة. ولقد قام عدد ممن كتبوا عن موضوع الزراعة الصيدلية بإبراز الإمكانية العجيبة – إن تكن محتملة جدا – في أن تصبح مزارعُ التبغ الذي يُنتج دواءً لسرطان الرئة جزءاً من المستقبل الزراعي بأمريكا. كانت البطاطس التي تحمل ألبيومين الدم (وهذا بروتين من بروتينات الدم يُستخدم في

الجراحة) من أول النباتات التي دخلت هذا المجال الجديد من الزراعة، ومعها أيضا كانت بذور اللفت التي تحمل مادة كيماوية تمنع الألم، تسمى إنكيفالين وتوجد طبيعيا في مخ الانسان.

تُخلّق معظم هذه النباتات المنتِجة للعقاقير عن طريق الجمع بين تقنية الدنا المُطعَّم وتقنية التربية التقليدية للنبات: تُطعَّم الجينات داخل خلايا جنينية نباتية، ثم تزرع هذه حتى النضج، ويكرر تهجينها بنباتات شبيهة مُطعَّمة حتى أن نصل إلى خط جديد من المحصول. لكن شركة بيوسورس تكنولوجيز في كاليفورنيا طلعت بمنهج جديد مثير. استخدمت الشركة التبغ كمصنع للأدوية، ولكن بدلاً من أن تطعِّم النبات بالجينات الجديدة، طعَّموا هذه الجينات في فيروس الطباق الموزايكي الذي يصيب النبات. تولّى الفيروس إذن مهمة إدخال الجين في النبات، ليدفع الخلايا إلى إنتاج البروتين الذي يشفر له الجين الجديد دون أن يُغيِّر التركيب الوراثي للنبات. تحصد إذن أوراق التبغ وتطحن، لتُستخلص منها، وتنقى، البروتينات (مثل إنترلوكين-٢). يُسَمِّي الرئيسُ التنفيذي للشركة هذه التقنية باسم "العتاد الجيني" – يعني البرمجيات الوراثية – ويقول إنها تتطلب وقتا أقصر وتنتج محصولاً أعلى من المدخل "العتيق" للدنا المطعَّم المصحوب بتربية النبات.

ثم هناك أيضا الحيوانات عبر الجينية التي يصنعها نفس العلم الذي أعطانا السلالات الجديدة من فئران المعامل والخنازير الحاملةِ لبروتينات الوقاية البشرية. ستكون معظم هذه من حيوانات اللبن، الماعز والأبقار، التي تحلب لبنا يحمل الدواء.

وهذه تَعِدُ بأن تصبح مصدراً رئيسيا جديدا للمنتجات الدوائية، ولها تضمينات هامة بالنسبة للدول النامية – ذلك أن رعاية قطيع الماعز عبر الجينية ستكون أبسط وأرخص بكثير من إنشاء وتشغيل عمليات التخمر رفيعة التكنولوجيا اللازمة للجيل الحالي من الأدوية البيوتكنولوجية. منذ سنين قامت

جينزايم - شركة البيوتكنولوجيا بماساتشوستس - بتطوير ماعز تنتج في لبنها مُنَشِّط بلازمينوجين الأنسجة - ذلك البروتين الذي يعالج النوبات القلبية والذي أثار الكثير من الجدل. ولقد حصل هذا العقار على التدعيم بعد ما أجازته مصلحة الغذاء والدواء الأمريكية. الطلب على هذا العقار كبير، ولقد بلغ ثمن الجرعة مما تنتجه المصانع الأمريكية ٢٢٠٠ دولار. ستكون ثمة عقبات اقتصادية يلزم تخطيها قبل أن يصبح هذا نسقا عمليا للزراعة بالدول النامية: فمربي الماعز المتظَر يحتاج أولا إلى العنزة، وسيكون ثمنها عزيزا. من الواجب أن تُحَل القضايا المتعلقة بالبراءات حلا دوليا. لكن العقبات يمكن تخطيها. هذا نوع من البيوتكنولوجيا يحمل إمكانيةً حقيقية لتوليد مصادر جديدة للدخل لصغار المزارعين ورجال الأعمال.

ولقد تتحرك الزراعة الصيدلية - أسرع بكثير من العلاج بالجينات ومن زراعة الأنسجة لإنتاج الغذاء - تتحرك من لا مكان على الإطلاق لتدخل مجرى حياتنا جميعا. وأتوقع أن تصبح عنصراً مُمَيزا ناميا من الزراعة العالمية قبل أن ينتهي هذا القرن.

ومع تكشف البيوتكنولوجيا الزراعية ستظهر بلا شك بعض المفاجآت الإيكولوجية والتغذوية الكريهة - فمن يعمل يقع في أخطاء - أما أخطر امتحان لعلم الزراعة الحديث فهو أن يفي بكل ما يعد به، دون الكثير من المشاكل. فإذا تمكن من ذلك فسيقود العالم إلى تغير مذهل.

الخاسرون والرابحون

دعنا نفحص قطعة أخرى من التاريخ - قصة صبغة النيلة - فقد تحكي لنا شيئا عن المستقبل، وعما قد يحدث إذا ما حققت الزراعة الحديثة الآمال المعقودة عليها.

مَرَّ حين من الزمان كانت الثروات والامبراطوريات تبنى فيه على صبغة النيلة. تؤخذ هذه الصبغة من شجيرات معينة تنتج مادة كيماوية عديمة اللون يمكن أن تتحول إلى صبغة زرقاء داكنة بمعاملة بسيطة من بيوتكنولوجيا عتيقة جدا – تقنية كانت معروفة منذ أيام ما قبل المسيح. ومع تطور صناعة النسيج الأوروبية خُصصت مزارع شاسعة بالمناطق المدارية لإنتاج النيلة – نحو ٢ مليون فدان في الهند. تمكن العلماء الألمان قرب بداية هذا القرن من معرفة التركيب الكيماوي للنيلة – وبذا غدا من الممكن تمثيله بالمعمل – وبدأت المصانع في تصنيعه. وكانت النتيجة كارثةً اقتصادية في الهند، ومولدَ صناعة جديدة هائلة في ألمانيا.

يتوقع رجال الاقتصاد الزراعي العارفون بما يجري في حقل البيوتكنولوجيا، أن تُعاد قصة النيلة بصورة عصرية. يحدث هذا الآن بالفعل عندما يختار المستهلك أو مُصَنِّع الأغذية المُحَلِّيات الاصطناعية بديلاً عن السكر. والأغلب أن يحدث هذا المرة بعد المرة عندما تتقن الدول الصناعية وسائل جديدة لإنتاج سلع كانت تستوردها – مثل الزيوت والمنكِّهات والألياف، وأيضا المُحَلِّيات. قرأت دراسات السوق الأوروبية عن استخدام البيوتكنولوجيا في تحويل بعض الفائض الزراعي بأوروبا إلى مصدر للمغذيات الكيماوية، وهذا سيقلل الاعتماد على ما يستورد من البتروكيماويات.

كيف سيؤثر هذا على الدول التي تعتمد الآن كثيرا على تصدير محاصيل معينة؟ ماذا سيحدث إذا ما وجد الزبائن طرقا جديدة لإنتاج نفس الشيء في دُوَلهم وبأسعار أرخص؟ تتباين النتائج هنا كثيرا حسب التفاوت في مدى الوصول إلى المعلومات وحسب القدرة على الاستجابة . من المحتمل جدا أن تتأثر بعض الدول تأثرا عنيفا إذا فقدت أسواق محاصيلها الرئيسية. ومن المحتمل أيضا أن تتوقع دول أخرى هذا التحول فتقوم – بالمزج الصحيح بين الموارد الوراثية والتكنولوجيا والنظام الاجتماعي – بتطويرٍ مبدع لمحاصيل نقدية جديدة، وبرفع إنتاج الغذاء المحلي، بل وربما قامت حتى ببعض

الاصلاح الإيكولوجي لأراضٍ تدهورت من عقود - أو ربما قرون - بسبب الزراعة الأحادية.

هذا مجالٌ، للمعلوماتية فيه القدرة على إحداث آثار اقتصادية خطيرة، وبسرعة كبيرة. ففي وجود اقتصاد عالمي لعصر المعلومات يتقدم فيه البحث والتطوير بخطى سريعة، قد يصيب إنتاج الغذاء والألياف (والمستحضرات الصيدلية) من التقلب والتحول مثل ما أصاب غيره من ضروب التصنيع والخدمات في الماضي القريب. فلقد تتغير تغيرا جذريا - وتتغير ثانيةً - بعض المناطق التي ارتبطت تقليديا بمحاصيل معينة، مثلما تغيرت مناطق زراعة النيلة في الماضي ومثلما تتغير مناطق زراعة السكر الآن. وعند حصول ذلك ستتحول قيمة بعض الموارد الطبيعية التي تدعم الآن الاقتصاد القومي، وستتحول أيضا الأفكار حول المصالح القومية والأمن القومي.

في هذا النظام الكرضي الجديد لإنتاج الغذاء يتحول تسجيل البراءات وغيره من إجراءات حماية الملكية الفكرية، يتحول ليصبح قضايا شائكة. كان في استطاعة شركات البذور ومربي النباتات أن يتمتعوا بحماية، أشبه بتسجيل البراءات، تحت القوانين الوطنية والاتفاقيات الدولية، أما الآن فقد غدا من الممكن الحصول على حماية كاملة بتسجيل براءة النباتات والكائنات الدقيقة والحيوانات إذا استوفت معايير "الجدة، واللاوضوح، والنفع". ارتفع عدد طلبات تسجيل البراءات الزراعية ارتفاعاً هائلا، وانخرط الملاحظون في جدل حامي الوطيس حول ما لهذا التسجيل وما عليه من وجهة النظر القانونية والأخلاقية. هل على مزارعي العالم الثالث أن يدفعوا لشركات البذور الأمريكية مقابلاً نظير استخدام سلالاتها المسجلة والتي نشأت أصلاً من نباتاتهم المحلية؟ هل الحماية التي تضيفها البراءة ستشجع البحوث بالشركات الصغيرة، أم ستفيد الشركات الكبرى وحدها؟ هل سيقوم الباحثون بالجامعات بتنظيم عملهم، وتسجيل البراءات نصب أعينهم، ليكون ذلك على حساب الأهمية العلمية؟ هل تسجيل البراءات (الذي يتطلب النشر) يشجع

الحركة الحرة للمعارف بين العلماء، أم أنه سيعرقلها؟ إلى أي مدى تسري حقوق براءات النبات، وإلى أي مدى يلزم أن تكون؟

مستقبل الزراعة

لو أصبح النظام العالمي لإنتاج الغذاء حقا أكثر قابلية للتغير مما كان عليه قبلا، فإن هذا سيدفع عجلة تحول الزراعة إلى المعلوماتية. لن يحتاج المزارع فقط إلى معلومات أكثر عن طريقة إنتاج المحاصيل، وإنما أيضا إلى معلومات عن الأسواق وعن العوامل الاجتماعية والإيكولوجية التي قد تؤثر في حاجات الناس وفي أولوياتهم. سيلزم أن يكون المُزارع - والمُزارع الصيدلي - قادراً على الاستجابة لمثل هذه المعلومات، وسيلزم أن تُطَوِّر العلوم الزراعية رؤيةً كافية وبصيرة للاستجابة إلى التغذية الإيكولوجية المرتدة. ربما كان في احتمالات تغير مناخ الكرة الأرضية أبسط الأمثلة وأكثرها دارمية عن شيء سيجبرنا على ابتكارات جديدة واسعة المدى في الزراعة. لكن التحول الذي أصفه هنا، التحول إلى نظام إنتاج للغذاء أكثر مرونة، سريع الاستجابة، يرتكز على المعلومات، تعدديّ للغاية - ومترابط كرضيا - هذا التحول سيَحدث تحت أي مناخ.

الفصل التاسع
الصناعات البيومعلوماتية

إن المنزلة الرفيعة للفيزيقا الرياضياتية كعلـم العلـوم، كقلْـبٍ للتقـدم العلمـي العام يُقتدى به - مثلما كان الأمر منذ القرن السابع عشر - هذه المنزلة تمضي الآن إلى زوال. لقد أصبح المحور الجديد هو علوم الحياة، خطوط الدراسة الـتي تتشعب إلى الخارج من البيولوجيا، والكيمياء الجزيئية، والوراثة البيولوجيـة... تبدو هذه الخطوط الآن وهـي تتشـعع وتَتَلوْلَـب نحو كـل ركـن مـن أركـان الاتجاهات العلمية والفلسفية، مثلما فعلت فيزياء ديكارت ونيوتن.

- جورج شتاينر.

لعله قد اتضح الآن أن عصر البيومعلومات قد جلب معه ثورة طبية - بـل في الحق حشداً حقيقياً من الثورات الطبية - ولعله قد أصبح واضحا أيضـا أن ثمة تحولاً خطيراً في الزراعة يجري الآن أيضا. لقد كان هـذا أمـراً متوقعـا، لأن الطب والزراعة كليهما من الأنشطة البيولوجيـة أصـلا. أمـا الشـيء الـذي لا يزال محل شك كبير في المرحلة الحالية فهـو المدى الـذي سيبلغه التحـول إلى البيومعلوماتية في الميادين الأخرى، وفي الصناعة بخاصـة. هـل سـنرى - كمـا توقع البعض - "تخضيراً للصناعة"، "ثورة صناعية ثانية" يتحول فيها الكثير من أنـواع العمـل المختلفـة الـتي كـانت تجري قبلا بـأدوات ميكانيكيـة ومـوارد معدنيـة، يتحـول ليصبـح بشـكل أو بـآخر مرتكـزاً علـى البيوتكنولوجيـات الجديدة؟ هل سنرى تحولاً من العتاد المعدني إلى العتاد الجيني؟

أعتقد أن هذا سيحدث. فإذا كانت علوم الحياة - كمـا كتـب شـتاينر - تحتل الآن دوراً جديداً بالنسبة لفكر الانسان وتَقَدمه عموما، فإن هذا سـيمتد

إلى أبعد بكثير من حدود الجامعات والمعامل. إنه يعني إعادةَ تشكيلٍ أوسع لحضارة الانسان، تحولاً تقوده الثورة البيولوجية - أو بصورة أدق ثورة البيومعلومات، لأن التقاء العلوم البيولوجية بتكنولوجيا المعلومات/ الاتصالات قد شكّل الآن كيانا جديدا، لم يعد من الممكن فصله.

فإذا بدا هذا من قبيل الرجم بالغيب، فسأقول فوراً بأنْ ليس هناك من جديد في صناعة الأشياء من المواد الحيوانية والنباتية، وبأن الإنزيمات المنتَجة بيوتكنولوجيًّا تُستخدم بالفعل في أغراض صناعية عديدة، بل وأيضا في المنظفات المنزلية.

النباتات مصدر مهم للمواد الخام اللازمة لأنواع عديدة من المنتجات المصنّعة تجاريا: الصابون، المواد اللاصقة، الأحبار، المنظفات، الصبغات والألوان - منتجات مهمة لكنها لا تزال متواضعة مقارنة بغيرها من الموارد. أعلن معهد "الاعتماد على الذات" - وهذا مستودع فكري في مينيابوليس أجرى بحوثا مكثفة في هذا الموضوع - أعلن أن هناك أقل من عشرة ملايين طن من المادة النباتية (غير الخشب) تُستخدم في المنتجات الصناعية والانشائية بالولايات المتحدة، مقارنة بنحو ١٧٥ مليون طن من البترول والفحم، و٣٠٠ مليون طن من المواد غير العضوية مثل الرمل والملح والحديد. على أن استعمال النباتات قد أخذ يتزايد بثبات في السنين الأخيرة.

يظهر الآن عدد يلفت النظر من العمليات البيوصناعية الجديدة، وهذه لا تكون دائما قفزات ثورية من الفيزياء إلى البيولوجيا - إنما تكون تكاملات عملية بين المواد العضوية والبيوتكنولوجيا، تكاملات أثبتت كفاءتها وقابليتها للتطبيق التجاري الناجح. وهذه حالة أخرى من حالات اختفاء الحدود. تحدثنا قبلا عن الحدود التي تتلاشى بين البيوتكنولوجيا والبيولوجيا التقليدية. وهنا نرى بعضا من استبدال العضوي بغير العضوي، ثم نلحظ أيضا اندماج

ما هو بيولوجي بما هو غير بيولوجي. كما أنّا نرى البيوتكنولوجيا أيضا – في مجال التنظيف البيولوجي – وهي تنظف مخلفات الصناعات الثقيلة.

التنظيف البيولوجي

كثيرا ما أشاهد في رحلاتي الروتينية حول منطقة خليج سان فرانسيسكو مواكب من سائقي السيارات وهم يمرون في إهمال عبر مباني عادية الشكل تجري بها صناعة رائعة تسمى التنظيف البيولوجي. والتنظيف البيولوجي هو استعمال البكتريا في تنظيف المخلفات السامة. لا أحد ينتبه إلى هذه المواقع. ربما تمهل بعض السائقين لو ان أحدهم وضع لافتة تقول "احذر. منطقة عمل ميكروبات".

في واحد من هذه المشاريع أقيم مركز للتسوق بموقع كان يُستغل قبلا كمركز قيادة شركة للنقل بالشاحنات. كانت أرض هذا المكان قد تشبعت بالزيت والبنزين والسولار المتسرب من مستودعات الوقود وفوضى عمليات الشحن، ووصلت هذه حتى الماء الأرضي. تم ذلك عبر عقودٍ في زمن لم تكن قد ظهرت به أية قوانين بيئية تستحق.

تُلزم الحكومة الآن المستثمرين بأن ينظفوا مثل هذه المواقع قبل أن يقيموا فوقها أبنية جديدة. ثمة طريقة لإجراء ذلك هي أن تُرفع كل التربة الملوثة وتُنقل إلى موقع إلقاء المخلفات السامة. والتنظيف البيولوجي وسيلة أخرى. حدث في موقع الشاحنات هذا أن قامت مؤسسة محلية، اسمها سيتوكَلْشَر، بضخ الماء الأرضي، ثم فصلت منه فيزيقيا ما أمكنها من الزيت، ثم عالجت الماء ببكتريا آكلة للزيت إلى أن أصبح نظيفا صالحا للشرب. ثم أنها كَوّمت التربة الملوثة، ولقحتها بالبكتريا وبالمواد الغذائية اللازمة لتشجيع نموها، ثم غَطّتها وضخت بها الأكسجين حتى تمكنت البكتريا من تحليل الملوثات.

نشأ التنظيف البيولوجي عن دراسات تمت في الستينات وأوائل السبعينات، بدعم من مكتب بحوث البحرية الأمريكي. فقبل إنشاء وكالة وقاية البيئة كانت مهمة تنظيف البحار ملقاة على عاتق البحرية، إذ تتعامل مع بقع البترول المسكوب بعد أن اتضح أنه مشكلة بيئية كبرى. وفي عام ١٩٨٩ واجه التنظيف البيولوجي أكبر اختبار على طول بعض أجزاء من شواطيء ألاسكا كانت شركة إكسون فالديز قد لوثتها ببقع كبيرة من البترول المسكوب. ولقد كان الإجراء بسيطا للغاية - قام العلماء والعاملون بوكالة حماية البيئة برش الشاطيء بمخصب يشجع نمو البكتريا المحلية - لكن النتائج كانت مثيرة، فوجهت اهتمام الوكالة إلى هذا المنهج.

أصبح التنظيف البيولوجي لمخلفات البترول الآن صناعة نامية حول العالم، وقد أثارت بشائر نجاحه تنقيبا عالميا عن البكتريا المحبة للملوثات التي يمكن تشغيلها في تنظيف البتروكيماويات وغيرها من المخلفات السامة. حملت بعض أوجه هذا التنقيب كل ما قد تتوقعه من الحنكة العلمية، بينما كان البعض الآخر غير مثير للخيال على الاطلاق. ولكي نقدم فكرة عن مدى اتساع مجال التنقيب إليك ما يلي: اكتشف باحثون بمعهد وودز هول لعلم المحيطات بكتريا تحلل النفتالين قرب منافذ المياه الدافئة على بعد ٦٠٠٠ قدم تحت سطح خليج المكسيك - بينما استَزرع عالِمٌ آخر سلالة نافعة من البكتريا آكلة البترول من بقعة بترولية كشطها من ممر عربته الخاصة بحديقته.

يتضمن الاستزراع عادةً التربية بالانتخاب - تنمية البكتريا في محاليل من المواد المطلوب التخلص منها، حتى يمكن استنباط سلالة ذات شهية لاستهلاك هذه الكيماويات بالذات. يقوم آخرون بتخليق سلالات بكتيرية عن طريق تكنولوجيا الدنا المطعَّم؛ ولقد كان هذا هو ما قاد إلى حُكْم شاكرابارتي التاريخي الخاص بتسجيل أول بكتيرة صُممت لتنظيف بقع البترول. كان ابتكار الدكتور شاكرابارتي نجاحاً قانونيا فقط، فلقد أثبت سابقةً لتسجيل براءة كائن حي، لكنه لم يُستخدم أبدا في الحقل، بل وربما لم يكن له أن

ينجح لو تم ذلك. على أن هناك خططا تجري لمحاولة تجريب بكتيرة مُهَنْدَسة وراثيا هي سيدوموناس فلورسنس – قيل إنها تستطيع أن تلتهم كيماويات عديدة سامة من بينها النفتالين والأنثراسين والفينانثرين – وذلك في تربة ملوثة بمعمل أوك ريدج القومي. وربما تحول استخدام مثل هذه البكتيرة ليصبح مصدراً لاحتجاجات عنيفة جديدة جماهيرية وإعلامية، تشبه ما ذكرناه بالفصل السابق عند إجراء أول اختبار حقلي لبكتريا الثلج السالبة في كاليفورنيا.

لكننا سنجد بكتريا طبيعية غير مُهَندسة وراثيا تقوم بالعمل على مجال مذهل حقا من الملوّثات، ملوثات يصعب أن نتخيل أنها تصلح غذاء لأي كائن حي. عُزلت سلالة بكتيرية من رواسب نهر بوتوماك يمكنها أن تحول صورة قابلة للذوبان من اليورانيوم إلى صورة غير قابلة للذوبان – نعني أنه إذا ما مُرِّر ماء ملوث باليورانيوم في مفاعل بيولوجي يحمل هذه الميكروبات، ترسبت جسيمات اليورانيوم واستقرت بالقاع، حيث يمكن جمعها. من بين المواد الأخرى التي يمكن تحليلها بالطرق البيولوجية هناك ثنائي الفينايل عديد الكَلْورة (وهذا ملوث رئيسي بالمدن)، ومخلفات السيلينيوم، والكثير من مبيدات الآفات. كما قالها واحد من المشتغلين بالتنظيف البيولوجي: "هناك لكل شيء بكتريا تأكله".

لا أستطيع أن أؤكد صحة هذه العبارة، لكني رأيت عرْضا مؤثرا في معمل، رأيت برميلا سعته خمسون جالونا يمتلىء بالبكتريا في محلول من الماء والفينول. كان هذا الوعاء يذيع رائحة طبية نفاذة. الفينول مادة كيماوية فعالة يستعملها مساعدو المعمل في تطهير أسطح الطاولات بمعاملهم، ويستعمله أخصائيو الجلد في تلك المراهم التي تزيل الطبقات الخارجية من جلدك. أنت تتوقع بالطبع أن يقتل الفينول البكتريا – لكن هذا خطأ. كانت البكتريا تأكل الفينول، تحيا عليه وتزدهر، وبذلك تزيله من الماء. ثمة برميل آخر كان هناك يتصل بالأول بأنبوب، وكان يحمل ماء نقيا بلا رائحة – لقد

انتهى الفينول عمليا، وانتهت أيضا البكتريا بعد أن تخلصت من الفينول و لم تعد تجد شيئا تأكله.

والتنظيف البيولوجي ليس دائما هكذا ناجحاً، ويندر أن يكون بسيطا. وهو لا يتم بأن ننثر في مرح البكتريا أو المواد الغذائية ثم ننتظر حتى ينظّف كل شيء. تكون فعالية هذا التنظيف أكبر ما تكون إذا تحكمنا في عدد من العوامل مثل درجة الحرارة وكمية الأكسجين. وهو حتى الآن تقنية فعالة فقط في نواحي محدودة، لم تُستكشف بعد مجالات قوته وضعفه. ليس هناك من يدّعي أنه الحل السحري لكل مشاكل التلوث بالعالم. لكنه صناعة معترف بها، تخطت الآن مرحلة التجريب، وتقدم مثالاً جيداً لسبيل جديد لتطبيق البيولوجيا.

التعدين البيولوجي

يعتمد استعمال البكتريا في استخلاص المعادن من الركاز (مثل بعض صور التنظيف البيولوجي) على ما يحدث بين الميكروبات والمعادن من تفاعلاتٍ هي جزء من التنوع التطوري للأرض، المذهل أبداً. تستمد بعض ضروب الميكروبات الطاقةَ من المعادن – تتغذى عليها وتحيا عليها – لتغير المعادنَ إذ تفعل ذلك، وكثيرا ما تسهِّل هذه التغيرات الأمر لاستخلاص المعادن بكميات عملية. قد يبدو هذا تطبيقا للبيوتكنولوجيا غريبا ومستبعداً بعض الشيء – لكن تاريخه في الواقع طويل. كان الناس في منطقة البحر الأبيض، وقبل المسيح بألف عام، يستخلصون النحاس من الماء المنزوح من المناجم، ولقد استخدمت تقينة استخراج المعادن من الركاز بالماء في أوقات وأماكن متعددة. و لم يعرف العلماء إلا مؤخراً – عام ١٩٥٧ – أن البكتريا تلعب دوراً رئيسيا في هذه العملية. ومثل شخصية موليير الشهيرة الذي أدرك ذات يوم أنه كان يتحدث النثر طول حياته دون أن يدري، كذا فقد كان الناس يقومون بالتعدين البيولوجي دون أن يدركوا. أما الآن فإنهم يقومون بالعملية بتعمد، وبصورة

أكثر علمية: يُستخلص أكثر من ١٠٪ من إنتاج النحاس في أمريكا من الركاز عن طريق الكائنات الدقيقة.

والبكتريا التي تُستغل في عمليات التعدين البيولوجي هي تلك التي نجدها طبيعيا في الركاز الذي به تطورت. لكن الأغلب أن تؤدي قوى ثلاث إلى زيادة الاعتماد على البكتريا في التعدين: نضوب الركاز الممتاز، ارتفاع تكاليف الطاقة المطلوبة لعمليات التعدين، القاعدة المتنامية للمعلومات الوراثية. ومثلما رأينا في التنظيف البيولوجي، سيكون بعض عمال المناجم من الكائنات الدقيقة، بكتريا جُمعت (أو انتخبت بالتربية) من السلالات الموجودة طبيعيا، بينما سيُخلّق البعض الآخر عن طريق الدنا المطعَّم أو أي منهج آخر من مناهج التكنولوجيا الرفيعة. حدد العلماء هوية جينات في سلالة تتحمل الزرنيخ. ولما كانت بعض عروق الذهب غنيةً في الزرنيخ، فقد تُقدم هذه البكتريا حلاً بديلاً عن التقنيات المكلفة - الملوثة - التي تستخدم الآن في إزالة الزرنيخ.

المواد البيولوجية

بينما ينشغل بعض العلماء في البحث داخل مكتبة العالم للمعلومات الوراثية عن أدوية وأغذية، هناك غيرهم يبحثون عن طرق لصناعة مواد جديدة للاستخدام الصناعي. هل يمكن لجينات المحار أن تنتج مواد غروية تصلح تحت الماء؟ هل يمكن أن تستخدم الشفرة الوراثية للعنكبوت في صناعة بوليمر أقوى من الفولاذ خمس مرات أو عشر ويمكن أن يُشَد إلى ٢٠٪ من طوله دون أن ينكسر؟ لم تقترب أي من هاتين العمليتين في الوقت الحالي من أن تصبح واقعا تجاريا، لكن أيا منهما ليست احتمالاً يرفضه على الفور كل لبيب يعرف عن البيوتكنولوجيا.

تمكن العلماء الآن من كلونة جيناتٍ لبروتين أو اثنين منهما يتألف خيط العنكبوت، ويقولون إن الأمر أمر وقت حتى يمكن تصنيعه، تقريبا بنفس

الطريقة التي يُصنع بها الإنسولين الآن. يتحدث أحد الاختصاصيين في كيمياء خيوط العنكبوت عن أوجه استخدامه فيقول إنه يعتقد أنه قد يصلح كخيط ممتاز يستعمله الجراح فلا تنتج عنه ندوب، لأن سُمْكه يبلغ عُشْر سمك الخيوط الحالية - أو قد يُستخدم في الأربطة والأوتار الاصطناعية - إما للاستبدال الكامل أو كمادة للرتق. يفكر الباحثون العسكريون في فائدته كحبال للباراشوت أو لصناعة سترات لا تُنفذ الرصاص - أو ربما لربط الأشياء بمركبات الفضاء، بينما يتفكر غيرهم في استخدامه لصناعة أدوات متينة للرياضة، أو حتى كبديل للكابلات الفولاذية بالجسور المعلقة.

هذا عن المستقبل، أما الآن، فمكن الممكن تقنيا أن تُستخدم الكتلة الحيوية - وكذا تسمى المواد المصنوعة من النباتات والحيوانات - بديلاً عن الكيماويات المشتقة من البترول في مجال واسع من التطبيقات الصناعية. توصلت دراسة أجرتها وزارة الطاقة عام ١٩٩٤ إلى أنه من بين الخمسين من البتروكيماويات بالولايات المتحدة هناك تسع عشرة يمكن أن تُستبدل بها مصادر الكتلة الحيوية إذا لزم الأمر. لا يتم استبدال هذه البتروكيماويات الآن لأن أداءها طيب واقتصادي. لكن هناك عدداً من العوامل قد يغير الصورة: زيادة سعر البترول أو تناقص تَيَسُّره، فتوحاً بحثية تجعل الكتلة الحيوية أكثر كفاءةً واقتصاديةً، تشريعات بيئية، ضغوطا من مجاميع المستهلكين.

من بين أسخن التوقعات بالنسبة للمواد البيولوجية هناك البلاستيكات التي يمكن تحللها بيولوجيا، فالبلاستيكات المرتكزة على البترول مكروهة من قِبَل البيئيين. ينهمك عدد كبير من معامل البيوتكنولوجيا في البحث عن منتجات بوليمر صالحة تجاريا وتحلّل في الوقت ذاته في البيئة.

هناك منتج يبدو أنه سيصيب نجاحا تجاريا، هو: إيكو - بلا، وهذا بلاستيك تصنعه شركة كارجيل الأمريكية عن طريق تخمير الذرة لإنتاج حامض اللاكتيك. وحامض البولي لاكتيك - كما يسمى المُنتج - كان

يصنع من زمان طويل، ويستخدم أساساً في المنتجات الجراحية مثل خيوط الجراحة التي تتحلل في جسم الانسان – لكن سعر الرطل منه يصل إلى مئات الدولارات. صمم علماء شركة كارجيل عملية جديدة مكّنت الشركة من تخفيض السعر إلى نحو دولار للرطل. ويتوقع المحللون أن ينتشر استعمال إيكو – بلا في إنتاج حاويات الوجبات السريعة وأكياس القمامة – وبالطبع أيضا في تصنيع أطباق وأدوات طعام الرحلات. تَدَّعي الشركة أنه من السهل إعادة تدوير هذه المادة أو تَحللها لتصبح سماداً، إذ تتحول إلى ماء وثاني أكسيد كربون ودبال – المادة المغذية بالتربة – وذلك في ظرف ٦٠ يوماً أو أقل. وهذا تقدم هائل يفوق كثيرا "البلاستيكات القابلة للتحلل بيولوجيا" التي ظهرت في ضجة عارمة في الثمانينات – فقد اتضح أن هذه الأخيرة لا تتحلل بالفعل بيولوجيًا، إنما تنهار فقط إلى قطع ضئيلة جدا من البولي إثيلين – البلاستيك القديم بعينه. يمكن نظريا أن ينتهي إيكو – بلا بالتحلل في تربة حقل للذرة يُستغل محصوله في نهاية الأمر في صناعة بلاستيك أكثر. يمكن تصنيع هذه المادة من عدد من الحبوب ومن البطاطس وبنجر السكر. لكن الشركة التي طوَّرته تعمل في مجال طحن الذرة، وتتوقع أن تقدم أكبر تعزيز لحاجة السوق من الذرة، ومنذ أن ظهر في السبعينات المحَلّي الواسع الانتشار: مشروب الذرة عالي الفركتوز. (وهذا المشروب على الذِّكْر كان واحداً من المنتجات التي أسهمت في خفض قيمة بنجر السكر وقصب السكر).

توجد البلاستيكات – وهي أساساً بوليمرات، جزيئات طويلة ذات تتابعات متكررة – توجد بالطبيعة في صور شتى. اكتشف عالم المحاصيل الفرنسي موريس لاموان عام ١٩٢٦ أن بعض البكتريا تخزن فائض طاقتها في صورة بلاستيك لا دهن. ثم وجد مَنْ تلاه من الباحثين أكثرَ من تسعين نوعاً من البكتريا تصنع البلاستيك. ثمة شركة أوروبية تستعمل واحدة من هذه – ألكاليجينز يوتروفَص – لصناعة نوع آخر من البلاستيك القابل للتحلل بيولوجيا: البولي هيدروكسي بيوتوريت. وهذا منتَج غالي السعر، لكنه محترم

إيكولوجيا، ويستخدم في صناعة مفردات مثل زجاجات المشروبات الخفيفة ومقابض ماكينات الحلاقة التي نتخلص منها بعد الاستعمال. قام كريستوفر سومرفيل، الباحث في ستانفورد، مؤخراً، بتطعيم جين إنتاج البلاستيك من ألكاليجينز يوتروفَص في نبات من أقارب الخردل المعروف. نمت النباتات جيدا وأنتجت مادة تشبه البولي بروبيلين كثيرا - وهذا هو البلاستيك المستخدم في صناعة منتوجات مثل أباريق اللبن التي تسع لترا. اشترت شركة مونسانتو الحقوق الأمريكية لهذه العملية، وهي تنوي محاولتها في نباتات لفت البذور. فإذا نجحت العملية - أي كان أداؤها جيدا في الاختبارت الحقلية واجتازت العقبات المألوفة - فربما انتهت الشركة بمحصول جديد غريب لمزارعي المستقبل - بجانب حاجبات الشمس ودواء نوبات القلب.

الطاقة البيولوجية

عبر القرون، كان الناس يحصلون على الضوء والحرارة من تشكيلة واسعة من المواد البيولوجية، بدءاً من رَوْث الياك، إلى زيت الحوت، إلى خشب الحريق، لكنْ الثورة الصناعية وصلت إلى الوقود الحفري اللامتجدد: الفحم في البداية، ثم البترول فيما بعد. ومع تكشف ثورة البيومعلومات أصبح من الواضح أنه في الإمكان تطوير الكثير من مصادر الطاقة الجديدة التي ترتكز على البيولوجيا. كما اتضح أن هذا سيكون - في المستقبل المنظور - تنويعاً لمصادر الطاقة، وليس مجرد استبدال هادىء لوقود جديد بآخر قديم. ولقد نلحظ بسهولة اعتماداً متزايداً على الغاز الطبيعي في نفس الوقت الذي تدخل فيه السوقَ مصادرُ عضوية متجددة.

قفزت البرازيل في السبعينات قفزة شجاعة إلى عصر الوقود البيولوجي، لكنها لم تهبط تماما على قدميها. في قلب أزمة البترول، عندما بدت احتمالات التنمية كئيبة بالنسبة للدول التي تحتاج إلى شراء بترولها من السوق العالمية، اتخذت الحكومة الوطنية قراراً عام ١٩٧٥ باستبدال الإيثانول

بالبنزين. تفتقر البرازيل إلى مخزون معروف من البترول، لكنهـا تتميز بأراض شاسعة، وشمـس ساطعة، وفلاحين يعرفون كيف يزرعون قصب السكر ويحولونه إلى كحول. في أقل من عقد من السنين كان بالدولة ٤٠٠ مصنع، نصفها متصل بمعامل تكرير السكر، وبلغ انتاجها في العام من الكحول تسعة ملايين طن. وفّرت البرازيل الملايين بتخفيض استيراد البترول، وأطلق عليها الناس اسم "الدولة التي لا تتحرك عرباتها إلا بالخمر!".

كانت المشكلة هي أن الإيثانول ليس بالوقود النظيف الاحتراق – على الأقل في العربات التي كانت تستعمل آنذاك. يُطْلِق الاحتراق مقادير كبيرة من الألدهيدات، الأبخرة اللطيفة التي تفوح رائحتها غير المقبولة في الشوارع الحارة المزدحمة بالمدن الكبيرة. ثم كان أداؤه الاقتصادي أيضا مخيبا للآمال. دعمت الحكومة بشدة عملية التحويل – تقول بعض التقديرات أن قيمة الدعم قد بلغت في بعض السنين ما يعادل ميزانية الجيش، في زمان كانت البرازيل فيه كريمة مع الجنرالات – وقد لعب دوراً فيما أصاب الميزانية من عجز هائل. ثم إن انخفاض سعر البترول بالسوق العالمي قد فاقم الوضع هو الآخر.

دفعت البرازيل والبرازيليون ثمنا غاليا في هذه المغامرة الرائدة. سَمِّها خبرة معرفية. لم تكن فشلا كاملا؛ فهي على الأقل قد خفضت ما يحمله هواء المدن الكبري من الرصاص، وأول أكسيد الكربون، وغير هذا من الملوثات الرقيقة الرائحة. ولقد تحسنت التكنولوجيا مع الزمن. تجري الآن في الكثير من أنحاء العالم سيارات بوقود بيولوجي – إيثانول أو ميثانول – ناتج عن محاصيل كالبطاطا و(بالولايات المتحدة) الذرة. وهناك مصنع استرشادي باليابان ينتج الكحول من خلايا الخميرة. كما يحاول بحاث آخرون الوصول إلى وسائل أفضل لمعالجة السليلوز الخشبي – المكون الأساسي لمخلفات نشارة الخشب والقش وقشرالذرة وسيقان الذرة ولب البنجر.

وقد يتضح أن هذا هو أحد أكثر تطبيقات بحوث البيوتكنولوجيا وعداً بالنسبة للنمو الاقتصادي في بعض الدول النامية، لأن السليلوز الخشبي هو أكثر المواد العضوية انتشاراً بالعالم وأرخصها وأوفرها. وقد تؤدي الوسائل الأفضل لمعالجة الكتلة الحيوية، إلى مصانع على مستوى القرية تستخدم مواد رخيصة لإنتاج ما شئت من المواد الكيماوية النافعة – من الوقود إلى المحاصيل المغذية للتصنيع.

هناك مؤمِنٌ آخر بمستقبل الطاقة البيولوجية، هو وزارة التجارة العالمية والصناعة، للحكومة اليابانية. تمول هذه الوزارة منذ سنين بحوثا لإنتاج الإيدروجين عن طريق البيوتكنولوجيا – والإيدروجين هو أنظف وقود احتراقا، الوقود الذي يعتقد الكثيرون أنه أفضل أمل للطاقة بالقرن القادم. والطريقة الحالية لصناعة الإيدروجين هي فصله من الماء – وهذه عملية مكلفة وصعبة تستهلك قدراً كبيرا من الكهرباء. لكن العديد من الميكروبات ومن الطحالب البحرية ينتج الإيدروجين طبيعيا. ويأمل باحثو الوزارة أن يجدوا سلالات – أو أن يخلقوا سلالات – يمكنها أن تفعل ذلك إنما بكميات تجارية.

نحو الكمبيوتر البيولوجي

لا يزال الكمبيوتر – تلك الآلة الرائعة التي تبدو قادرةً على إعادة كتابة الكثير من قوانين الحياة – لا يزال مجرد شيء يصنع بالمصانع من مواد مألوفة من العصر الصناعي: بلاستيكات ترتكز على البترول، معادن، سليكون. إنه طفل العصر الصناعي، حتى وإن كان قد تحول ليمسك بزمام الأمور ويغير مجرى الرواية – مثلما فعل بعض أبناء أحد ملوك شكسبير التعساء. لقد سيطر الكمبيوتر، وحوّل الكثير من الأشياء تحولاً جذريا، بل لقد حوّل صناعة الكمبيوتر ذاتها، والبيولوجيا أيضا، كما قد رأينا. قادت الثورة الصناعية إلى

ثورة الكمبيوتر، التي قادت بدورها إلى الثورة البيولوجية. ويبدو الآن محتملاً أن تستدير البيوتكنولوجيا فتحول الكمبيوتر.

قمت وأنا في اليابان بزيارة إيزاوْ كاروبي - الذي عُرف باسم "والد المُستَشْعِر البيولوجي". أهداني الوحدة الأساسية لهذا المستشعِر - جهاز صغير لا يزيد كثيراً عن خلالة تسليك الاسنان - ولا زلت احتفظ بها على رف مكتبي، تذكاراً للماضي ودليلاً إلى المستقبل. في نحو ذلك الوقت - عام ١٩٨٧ - بدأ عدد من الصحفيين المغامرين ينشرون مقالات عن احتمال صناعة "الرقاقة البيولوجية" - الكمبيوتر البيولوجي. تصورتُ أن الفكرة حالمة بعض الشيء. لكن كاروبي أخذها مأخذ الجد، كان يعتقد أن العمل الذي يقوم به قد يسهم في المضي في هذا الاتجاه.

يمزج المستشعِر البيولوجي المادة العضوية بعنصر إلكتروني. فإذا وُضع في محلول - في عينة دم إنسان مثلا - أنتج التفاعل الكيماوي إشارة كهربائية توفر قياساً مضبوطا لمادة معينة قد تكون موجودة. (يمكن لهذا المستشعِر في الوقت الحالي أن يقيس مادة واحدة، وسيأتي المستشعِر المتعدد فيما بعد).

كان هناك باليابان بالفعل أكثر من عشر شركات تصنّع المستشعِرات البيولوجية، وكانت تُستعمل حتى في أماكن مبتذلة مثل أسواق السمك ومصانع البيرة. يمكن للمستشعِر البيولوجي أن يختبر طزاجة سمكة نيئة أو يراقب دفعة من البيرة أو الساكي أو صلصة الصويا. تستعمل المستشعرات البيولوجية في أمريكا لكشف آثار المخدرات في عينات الدم أو البول، ولها لا شك مستقبل واعد في تطبيقات الطبية. لقد أصبحت مجالاً موطدا في الإلكترونيات البيولوجية، ويبدو أن التقدم نحو الكمبيوتر البيولوجي قد أصبح الآن واقعيا ومحتملا.

وحتى عهد قريب جدا كانت أكثر طرق البحث وعداً تمضي في اتجاه تَكُون فيه العناصر النشطة في الدوائر الكهربائية هي الجزيئات البيولوجية -

البروتينات المُهَنْدَسة. ربما لا يؤدي هذا إلى كمبيوتر جزيئي بيولوجي خالص، وكما يقول روبرت بيرج - أحد كبار قادة هذا المجال من جامعة سيراكوز-: "إن الأغلب، في المستقبل القريب على الأقل، أن تستخدم التكنولوجيا الهجينة، وفيها تمزج الجزيئات بأشباه الموصلات. ومثل هذا المنهج سيهيء كمبيوتراً حجمه يبلغ ١/١٥ من حجم الكمبيوتر الحالي، وسرعته مائة ضعف السرعة الحالية".

تظل عناصر الكمبيوتر المصنوعة من البروتينات المُهَنْدَسَة أملاً جذابا، لكن البروتينات توارت بعض الشيء في الظل في أواخر عام ١٩٩٤ عندما نشر الدكتور ليونارد آدلمان، منظِّر الكمبيوتر بجامعة جنوب كاليفورنيا، مقالاً رائعا بمجلة "ساينس"، وفيه: (أ) اقترح مدخلاً مختلفا تماما إلى قضية الكمبيوتر. (ب) أعلن أنه قد نجح بالفعل في إجراء حسابات معقدة - في أنبوبة الاختبار. كانت المادة التي استخدمها هي نظام الطبيعة ذاتها للمعلومات: الدنا بعينه.

أما ما فعله فهو أنه وضع مشكلة رياضية باصطناع جزيئات دنا خاصة، ثم عالج المعلومات من خلال التفاعلات الكيماوية التي تحدث عن مزج الجزيئات سويا. كانت المشكلة مشكلةً كلاسيكيةً طالما سببت الصداع للرياضيين، وهي البحث عن طريق يربط سبع مدن بينها أربعة عشر شارعاً لا أكثر لكل منها اتجاه واحد. هذه واحدة من مجموعة من مشاكل لا حل لها بسيطا على الاطلاق، ولا تُحل إلا بتجريب كل الاحتمالات الممكنة.

وصف آدلمان في بحثه الطريقة التي قام بها الدنا لحل المشكلة، ووصف ما يدير العقل من إمكانيات نظام للحساب يرتكز على الدنا: نظام يستطيع أن يجري أكثر من تريليون عملية في الثانية (أسرع ألف مرة من أفضل الكمبيوترات الفائقة)، نظام أفضل بليون مرة في استهلاك الطاقة، نظام قادر على تخزين كميات هائلة من البيانات. لا عجب إذن أن يُثوِّر بحثُه انفجاراً من الاهتمام بالحساب البيولوجي: أُعلن على شبكة الإنترنت عن اجتماع عن

كمبيوترات الدنا، ليندفع نحــو ٢٠٠ مـن المتحمسين، مـن علمـاء الكمبيوتـر والبيولوجيين وغيرهم، إلى قاعة في برينستون لمناقشة هذا الموضوع الجديد.

كان ما أجمع عليه الحاضرون في هذه المرحلة – المبكرة جدا – من مراحـل الحساب بالدنا، هو أن لهذا الحساب قدراتٍ مذهلةً، وأن له بـالطبع مـا تشاء من العقد المحتملة والمزالق. والأغلب أن يُستعمل الدنا لا كبديل للكمبيوتـرات التقليدية وإنما ككمبيوترات هجينة، أو كوحداتٍ لتخزين المعلومات، أو ربمـا في ضروب معينة من الحسابات الضخمة. لكن يبدو أن الحساب بالدنـا، أيـا كان شأن مستقبله، قد وَصَلَنا كمفاجأة تامة. يقول أحـد علمـاء الكمبيوتـر: "لقد بدأتْ مسارب الفيضان تُفتح. لم أر في حياتي ميدانـا يتحـرك بمثـل هـذه السرعة". ويقول آخر: "لقد غـدا الآن صناعـة". ويقـول غـيره بعـد أن ذكـر عددا من العقبات التقنية: "إذا قلت لي ، هاك عشرة ملايـين دولار، وأمـامك سنةً لتبني كمبيوتر فائقا سريعا جدا، فربما تحدثت مع أصدقائي في كريي"، ثم أضـاف: "أما لو قلت لي هاك العشرة ملايين، وأمهلتني خمـس سنوات، فربمـا فكّرتُ في الدنا".

التقاربات البيولوجية

قمنا في الفصــول السـابقة بمسح التقـدم البيوتكنولوجـي والإمكانيـات في ميادين ثلاثة: الطب والزراعة والصناعة، وتفحصنا بعضـا قليـلا من الخطـوط البحثية التي تحمل ما يبشر بأن تصبح جزءاً مـن المستقبل – العـلاج بالجينـات مثلا، وزراعة الأنسـجة، والمـواد البيولوجيـة. وأنـا لسـت عالمـا، ولا أنـا مـن العرافين، ومن ثم فأنا لا أعرف ما سيصيب منها وما سيخيب. ومـن المحتمـل جدا عند قراءتك لهذا الكتاب أن تكون بعض المشاريع قد نجحت، وأن يكون البعض الآخر قد فشل – ومن المحتمـل أيضـا أن تكـون مفاجـآت أخـرى قـد ظهرت بعمـل أحدهـم (مثـل كمبيوتـر الدنـا). ولكـن، علـى الرغـم مـن أن التفاصيل ملتبسة إلى حد رهيب، فإن الخـط العـام للتطويـر ليـس كذلـك: في

الطب تجري ثورات، ومثلها في إعادة ابتكار الزراعة، وستظل الثورات بهما تجري.

لكن الصورة تبدو أقل وضوحا بالنسبة للصناعة. لنا أن نتوقع تناقصا في تمسك العالم بالموارد المعدنية وبرأس المال، يصحبه احترام متنام لقيمة الموارد الوراثية والمعلومات وسرعة تبدلها، احترام يمكّننا من الاستفادة منها. وقد تستمر هذه العمليات بنفس معدل التقدم المتواضع الحالي، وقد يتخذ واحد من خطوط النشاط هذه – أو عدد منها – قفزةً مفاجئة إلى الأمام – وللتغير التكنولوجي طريقته في ذلك – ليباغتنا جميعا.

تتوقف سرعة التقدم في تخضير الصناعة – تحت معدل التغير الحالي – على الطريقة التي بها يتعامل الناس مع نوعية من المعلومات: الاقتصادي والإيكولوجي. فحتى عهد قريب جدا، كان للحسابات الاقتصادية أن تسيطر تماما على أي حوار حول المداخل الجديدة للصناعة. كانت العُمْلَة السائدة في العصر الصناعي هي العقلانية الاقتصادية. فإذا تساءلنا عن مستقبل المواد البيولوجية مثلا فسيكون الرد المعقول والنهائي هو: كيف سيكون وضعها التنافسي في السوق. لكننا مجبرون الآن على التفكير أيضا في عواقبها الإيكولوجية أو في الآثار الإيكولوجية للمواد التي ستستبدل بها، كالبلاستيك. المعايير الاقتصادية بالقطع لم تَغِبْ بعد، لكنها أصبحت الآن جانبا من حوار أكثر تعقيدا.

ففي موضوع الطاقة البيولوجية مثلا، سنجد بعض الخبراء متحمسين لأشجار الحور الأمريكي الأسود كمصدر للطاقة في المستقبل. تنمو هذه الأشجار بسرعة، ويمكن أن تُحَوَّلَ إلى ميثانول – وهذه صورة من الكحول تصلح لتشغيل محركات العربات الحالية. يمكن أن تُستغل الشجرة في "زراعة الوقود" – بل وربما أيضا بأسعار تسويقية، ومن ثم فهي تجتاز الاختبار الاقتصادي. لكن السبب الحقيقي في التحمس لها هو أن نظام إنتاج الوقود

من الكتلة الحيوية لهذه الشجرة سيكون (تقريباً) محايداً بالنسبة للكربون؛ نعني أن الأشجار النامية ستأخذ من الجو كربوناً بقدر ما ستبثه عند احراقها وقوداً، وبالتالي فلن تكون ثمة زيادة في غازات الصوبة. هذه الحسابات لم ترتكز فقط على معرفة أداء الوقود في نظام اقتصادي، إنما أيضا على أدائه في نظام إيكولوجي – الكرة الأرضية.

وهذا النوع من التفكير يحتاج إلى ضروب عديدة من المعلومات لا زالت جديدة حتى بالنسبة لنا: صورة عامة للعالم كمحيط حيوي، اسقاطات حول التغير المحتمل في المناخ في المستقبل. حسابات محكمة للتبادلات المتوازنة للكربون مع الغلاف الجوي. وهذه الضروب من المعلومات تجد طريقها أكثر وأكثر إلى الحوار العام – برغم ما قد يعتورها من قصور، وبرغم ما قد يثور حولها من خلافات. إننا نحيا في عالم مختلف، في مجتمع كرضي بيومعلوماتي، عالم لا يعرض فقط تغيرا تكنولوجيا، وإنما أيضا تفهماً متغيراً لنوع العالم الذي نسكنه ولكيفية عمله. إنه عالم يُسَيِّر – يعطينا على الدوام تغذية مرتدة عن حالة النظم الإيكولوجية، وقدرةً على التأثير فيها.

الجزء الرابع

الحياة المتغيرة لكوكب الأرض

الفصل العاشر

التوجيه البشري للنُّظُم البيولوجية الطبيعية

سواء أكنا نتأمل فُرْناً كهربائياً بسيطاً، أو سلسلةً من المتاجر يراقبها كمبيوتر، أو قطةً نائمة، أو نظاما إيكولوجيا، أو جايا ذاتها، فطالما كنا نتأمل شيئا يمكن أن يتكّيف، قادراً على أن يجمع المعلومات وعلى أن يخزن الخبرة والمعرفة، إذن فستكون دراسته هي أمر سيبرنطيقا، أما ما يُدْرَس فيمكن أن يسمى "نظاما".

ـ جيمس لفلوك.

ندير نحن البشر بالفعل شئونَ كوكب الأرض بأكمله، كلّ سنتيمتر مربع منه، الآن، أما أن نتوهم أننا لا نديره، أو أن أيا منا يمكنه أن يُعْفَى من هذه المهمة، فهذا أمر جد خطر.

بيتر رافن.

نوقشت على نحو واسع نظريةُ جايا التي قدمها جيمس لفلوك ولين مارجوليس – فكرة أن المحيط الحيوي كيان ذاتي التنظيم له آلياتُ تغذيةٍ مرتدة تجعله صالحا للحياة بالتحكم في البيئة الكيماوية والفيزيقية، وأصبحت النظرية جزءاً من الثقافة العالمية يكاد يعادل في أهميته الصورة الفوتوغرافية لكوكب الأرض. كلا، لم تناقش فقط على نحو واسع، وإنما حُرِّفت أيضا على نحو واسع: حرفها المناصرون لكلا الاتجاهين المتعارضين في الجدل البيئي الدائر حاليا.

رأى أنصار مفهوم "ولا يهمك" أنها تعني أنه لا يهم حقا أن تلوَّث البيئة، لأن جايا الطيبة العجوز ستنظف كل شيء، وحَوَّلها المتطرفون الخُضر إلى ضروب من الروحانية البيئية، واستخدموا الصورة الأسطورية لجايا لدق إسفين بين الكوكب وبين من يحيا عليه من البشر: جايا تصبح الإلهة الحكيمة التي تحفظ كل شيء بهيجا للطيور والحيوانات، أما البشر فيتخذون دور المفسدين الأشرار، ليس لأعمالهم إلا أن تُقْعِد جايا عن أداء مهمتها. والحق أن أيا من الصيغتين ليست أمينة بالنسبة للنظرية الأصلية — والمهم، هنا، أن أيا منهما لا تمثل بدقةٍ الطريقة التي بها يعمل العالم الآن. فنحن لا نستطيع أن نتحمس لما تذيعه من فوضى، كما أننا لا نستطيع أن نعزل فعل البشر عن معادلة تنظيم المحيط الحيوي.

يلعب البشر الآن دوراً رئيسيا في إدارة نظم العالم الطبيعية — الهواء، المحيطات، النظم الإيكولوجية لليابسة، عشائر الحياة البرية، بل وحتى المستودع الجيني الكرضي. وعلاوة على ذلك فإن مثل هذه الإدارة ليست على وشك التوقف أو حتى التقلص، بغض النظر عما نسمعه من مواعظ تحضنا على أن نُحْسِن إلى البيئة. والواقع أن المعدلات الحالية للنمو السكاني والتقدم التكنولوجي تؤكد أن دورنا سيتزايد.

كان العالم ذات يوم بالفعل نظاما غير بشري من نظم إيكولوجية، نظم مناخية، نظم جيولوجية، وكان من الوجهة هذه يشبه جنة الطُهريين الجاياويين. لكن مجرى التطور قد حوَّر تلك النظم بطرق شتى إذ بدأ الناس الهجرة وصيد الحيوان والأسماك والزراعة والري والتجارة والحريق والبناء والتعدين والابتكار. وقد يكون من التبسيط المخل حتى أن نقول إن للناس أثراً على البيئة. العبارة صحيحة تماما، لكنها لا تعطي صورة كافية عن الطريقة التي يعمل بها العالم، عن الطريقة التي يتطور بها التطور، وعن مدى انغماسنا في أنشطة جايا.

لم يغير البشر فقط النُّظُم المختلفة لكوكب الأرض، وإنما خلّقوا أيضا نظما جديدة تماما. والمَزَارع -النظم الإيكولوجية الزراعية- هي مثال للنظم التي ابتكرها الانسان. والمدن مثال آخر. ولدينا أيضا نُظُم النقل، نظم توزيع المياه، النظم الاقتصادية مثل الأسواق المحلية والعالمية، ونظم المعلومات مثل الأقمار الصناعية والإنترنت. ولقد أصبحت هذه جميعا متصلة بنظم أخرى بشرية وغير بشرية. يربط نظامُ المياه الهائل في كاليفورنيا، المدينةَ التي أسكن بها (ومنزلي، وجسمي، ونباتات حديقتي، وحيواناتي الأليفة) بجبال مكسوة بالثلج بعيدة. وهو يربط أيضا هذه الجبال بمزارع بمقاطعة فريسنو وبحمامات السباحة في بيفرلي هيلز. تتغير النظم لَمَّا ترتبط، تصبح نظما مختلفة بطرق عديدة. كان من بين أهم التغيرات سقوط الحدود بين النظم البشرية والنظم غير البشرية. والوسيلة الوحيدة كي تتمكن من فكرة واضحة حقا عن مثل هذه الحدود هي أن تبقى جاهلا بما يجري. ولقد أصبح هذا أمراً صعبا، لأن الكثير مما نبتكره من نظم هو نظم معلومات تحكي لنا عما يجري.

لهذه المعلومات دائما علاقة بالسلطة. إنها تخبرنا بالقرارات التي اتُّخذت في الماضي، وبما كان لها من آثار، وتجهزنا لاتخاذ قرارات أخرى لها نتائج إيكولوجية/ بيولوجية أبعد: هل تروى المسطح الأخضر أم تترك النجيل يموت، هل تصوّت في صف إنشاء الحديقة العامة أم ضده، هل تريد الإنجاب أم ستلجأ إلى حبوب منع الحمل. كل واحد من هذه القرارات هو جزء من الطريقة التي يعمل بها العالم – من أصغر الخيارات يقوم بها فلاح يحرث حقله، إلى أخطر الخيارات المتعلقة بالكرة الأرضية يقررها مؤتمر دولي بشأن غازات الصوبة. أيا كان ما تفعله جايا – على نحو سيء أو على نحو طيب – فهي تفعله بمساعدة الانسان. المجتمع البيومعلوماتي مجتمع كرضي، وهو منشغل في حمّية يدير شئون الكرة الأرضية، وهو – ياللمتعة – يعرف ذلك!

أنا لا أقول إن هذه المعارف – نعني الإدراك العام بالطريقة التي بها أصبحت الخيارات البشرية جزءاً متكاملاً في نسيج المحيط الحيوي وأسلوب

عمله وتطوره – إنها قد بلغت الآن مرحلة الوضوح الكامل أو الحكمة. إنّنا دائما لا نعرف ماذا نعرف. يصعب الآن حقا أن نبقى جاهلين بالحقيقة الأساسية التي تقول إن للنظم البشرية آثارها الإيكولوجية/ البيولوجية على مستوى العالم. لقد أصبحت النظم البشرية الآن جزءاً من آلية توجيه المحيط الحيوي بأسره.

وعندما نتحدث عن التوجيه، فمن المفيد أن نتذكر أن توجيه النظم الكبيرة لا يمكن أبداً أن يكون هو التحكم الكامل – ولا حتى تحت النظم الشمولية التي حاولت كثيرا أن تجعله هكذا. يلعب البشر دور التوجيه بالنسبة للنظم الإيكولوجية غير البشرية، لكنا نظل في جهل مطبق – عاجزين عن الفعل – أمام الكثير من تفاصيل طريقة عمل المحيط الحيوي. إنه نظام هائل معقد لا يمكن أن نعرف أداءه تماما، أو أن ننظّمه أو نتنبأ به أو نحدد مساره. التوجيه ليس تحكما بقدر ما هو تطبيق للتغذية المرتدة التي تؤثر في طريقة عمل نظام ما. أشار نوربرت فينر – الرياضي الذي جعل السيبرنطيقا في متناول الجمهور في الأربعينات – أشار إلى أن المعلومات في صيغة التغذية المرتدة تعمل باستمرار في نشاطات النظم الميكانيكية والنظم البيولوجية، ولقد يقول: مد ذراعك لتلتقط قلما. أنت هنا لا تقوم بتوجيه فعل عضلي واحد، وإنما تحرك عملية ستنظمها التغذية المرتدة – عادة في صورة معلومات بصرية تستخدمها لإصلاح مسلك ذراعك وهو يؤدي العملية. ولقد أشار أيضا إلى أن هناك ما تشاء من التغذية المرتدة المعيبة، وإخفاقات الاتصال، وغير ذلك من الحوادث المؤسفة، هناك منها ما قد يجعل الأنظمة السِّيبَرية فوق التحكم، أو تحت التحكم، أو ما قد يجعلها تتخذ اتجاهات خاطئة. نحن نلحظ أن الأفعال البشرية تقود الآن مجرى التطور بالنسبة للكثير من أنواع الكائنات، وبمعنى ما أيضا بالنسبة لكوكب الأرض ذاته، لكنا سنجد أنه حتى النظم الاصطناعية الصغيرة – كالحديقة الصغيرة في الفناء الخلفي لمنزلي – ليست تماما تحت تحكم الانسان.

يا له من موقف دقيق ذلك الذي يقف الانسان فيه الآن. ولقد نقترح أنه ربما كان علينا أن نتجنب التوجيه حتى نتمكن من تفهم أكمل له. لكن الناس في كل مكان يوجهون النظم الإيكولوجية بالفعل - أو إن شئت، إن النظم الإيكولوجية في كل مكان تخضع لتوجيه النظم البشرية. فليست هناك، على سبيل المثال، عشيرة برية في أي مكان على ظهر الأرض لا تقع تحت طائلة صانع قرارٍ بشري - يدبر أمرها مباشرة، كما هو الحال بالنسبة للعشائر الصغيرة من الأنواع المهددة بالانقراض، أو تؤثر فيها الروافد المتنوعة للحضارة البشرية عن طريق غير مباشر.

إدارة الحياة البرية والحياة شبه البرية

قد لا يبدو أن ثمة علاقة تربط كلمة "إدارة" بكلمة "الحياة البشرية"، لكن الحقيقة تقول إن إدارة الحياة البرية علم موطد ومهنة - بل وتتزايد في الأهمية؛ فكل عشائر الحياة البرية هي الآن أجزاء من مجتمع البيومعلومات الكرضي: تحركاتها تُدرس، أعدادها تُرصد وتُغذّي بها بنوك المعلومات، جيناتها تُخَرْطَن وتُسَلْسَل، مصائرها التطورية تتجادل بشأنها مجاميع متنافسة من العلماء والبيئيين والتنمويين وملاك الأرض والموظفين العموميين. ربما يتضح تحول الحياة البرية إلى المعلوماتية كأوضح ما يكون في حالة قطعان الفِيَلَة يقتفي القمرُ الصناعي آثارَها، وتُراقَب على شاشات الكمبيوتر في مدينة نيويورك - لكن بيولوجيا الحياة البرية، وبطرق أخرى كثيرة، تتقارب مع التطويرات الجديدة في تكنولوجيا المعلومات والاتصالات.

ثمة تغير سريع يعتري معنى إدارة الحياة البرية بأكمله، والهدف منها. كانت في الماضي تختص في معظمها بالحفاظ على سلامة الحيوانات وصحتها حتى يمكن للرياضيين اصطيادها. فحتى عهد قريب كان من الممكن أن يُستبدل بمصطلح "الحياة البرية" مصطلح "حيوانات الصيد". كانت محميات الحياة البرية هي الغابات الخصوصية للملوك والنبلاء والمليونيرات، وكانت المهمة

الأولى لحراس غابات الصيد هي حماية الحيوانات من الصائدين الدخلاء – أي من الفقراء – الذين يريدون صيد الحيوانات لأكلها، لا لما فيه من لهو أرستقراطي خالص. ولا تزال أقسام الأسماك والحياة البرية هي التي تقوم بالقدر الأكبر من رعاية الحياة البرية. وكثيرا ما يكون هذا موضع خلاف بعد أن اكتسبت الأخلاقياتُ الجديدة لإدارة الحياة البرية قلوب الناس وعقولهم – أخلاقهم مبنية على فكرة أن الحيوان يستحق الحماية لأن الله(أو جايا) قد حباه القيمة – وستصبح هذه على الأغلب جزءاً من نظام القيم لكل من يقوم بالإدارة.

تضمنت إدارة الحياة البرية في تطبيقها، بجانب حماية الأنواع المحلية، إدخال أنواع جديدة. فلقد يستورد الملوك في الأزمنة القديمة أنواعا جديدة من الحيوانات البرية، أو يرسلون ما بين الحين والحين بضعة أزواج منها كهدايا مَلَكية. ولقد أصبحت بعض الحيوانات – كالقَزَّان – مألوفة في مناطق بعيدة عن موطنها الأصلي لأن البعض يهوى صيدها. انحراف داروني عجيب: البقاء لأفضل ما يمكن صيده بالبندقية! ولا يزال إدخال عشائر جديدة يشكل جانبا شائعا من إدارة الحياة البرية – والأغلب أن يكون هذا الآن محل خلاف، لكثرة من أصبح لهم دخل في الموضوع.

ومن أمثلة هذا عملية نقل أيّل الشمال، ذلك المشروع الكندي الأمريكي الذي تم في أواسط الثمانينات لتأسيس قطيع في شمال ميتشجان. وهذا الأيّل ليس بالضبط غريبا على ميتشجان – فقد كان نطاق رعيه الطبيعي في الماضي يمتد حتى جنوب كارولينا – لكنه انقرض هناك منذ أكثر من قرن. منذ بضع ستين لاحظ واحد من علماء الحياة البرية أن الحياة قد بدأت في غابات شبه الجزيرة العليا للولاية بعد أن قُطع الكثير من أشجارها أخشابا، فاقترح مشروعاً لإعادتها إلى ما كانت عليه. عَرَضَ المسئولون الكنديون توفير قطيع البدء من الغابات البرية بمقاطعة ألجونكين بأونتاريو، على مبعدة ستمائة ميل شمال شرقي شبه الجزيرة.

تضمنت عملية نقل أيـل الشـمال استخدام الهليوكوبتر لدفع الحيوانات خارج غابة ألجونكين إلى منطقة مفتوحة، ثم إطلاق أسهم مخدرة عليها، ثم لفّها في ملاءات كبيرة من النايلون ونقلها بالهليوكوبتر مسافة اثنى عشر ميلا أو نحوها إلى شاحنات مسطحة، حيث توضع في أقفاص للشحن لتُنقل إلى ميتشجان فتُطلَق في البرية. زُوِّد الكثير بأطواق تحمل أجهزة إرسال يمكن بها مراقبة تحرك القطيع في موطنه الجديد. نجحت عمليةالنقل، وازداد تعداد عشيرة ميتشجان في السنين العشر التالية من ٥٩ في البداية إلى ما يزيد على ٢٥٠ فرداً.

ولقد موّلت أندية الرياضيين الجانب الأكبر من عملية نقل أيّل الشمال هذه – التي لم تواجه المعارضة المألوفة في مثل هذه الأمور – كما عضدها في حماس السكان المحليون، بل لقد زخرف البعض منهم عرباتهم بملصقات تفاخر بـ "ميتشجان – حيث يرتع الأيل". ومن الشائع في حالات إدارة الحياة البرية أن ينقسم الناس إلى جماعات غاضبة لكل رأيها فيما يجب عمله. كان من بين الخلافات الساخنة ما جرى من خلاف حول مشروع كندي أمريكي آخر يهدف إلى إعادة توطين الذئاب في يِلُوستون بارك بوسط إيداهو. دافع البيئيون عن هذه الفكرة لسنوات طويلة، وسعدوا عندما بدأ العمل لتنفيذها. قال مدير "صندوق الذئب" في وايومنج: "الذئب هو تجسيد البرِّية، ويلوستون هي رمز الأماكن البرية. إن الأمر يشبه إعادة النبض إلى القلب". لكن، كان لأحد مربي الماشية وجهة نظر أخرى، عبر فيها أيضا عن رأي دفين ضد الحكومة يَذيع في تلك المناطق: "إن القضية ليست قضية ذئاب. القضية هي قضية التحكم في الأرض. إن هذا ليس سوى جزء من مخطط أكبر لوزارة الداخلية للسيطرة على الغرب. إذا تحكموا في الأرض وتحكموا في المياه، تحكموا في الناس". وخوفا من أن تقضي الذئاب على حيوانات المزرعة، قامت جماعات المعارضة برفع الأمر إلى القضاء، ليوضع مستقبل قطيع الذئاب في يد قاضٍ فيدرالي. كثيرا ما يكون فقهاء القانون والبيروقراطيون هم مَنْ

يقررون فعلاً المصير التطوري للحيوانات البرية، لا القواعد المثالية لبقاء الأصلح.

هناك قضية أخرى في إدارة الحياة البرية – أكثر مراوغة بعض الشيء من الحسابات البدائية لموضوع "الذئاب ضد الماشية"– هي مسألة كيف تحيا الحيوانات حقا في البرية عندما تكون تحت حماية الإنسان. يقول بعض نُقّاد المسعى الطويل المجِهد لإعادة عشائر من نَسْر كاليفورنيا الفَحَّاح، يقولون إن برنامج تفريخ النسر هو أيضا صورة من برنامج لتحوير السلوك. يسرح النسر الفحاح فوق مسافات طويلة ويتغذى على الجيفة، وكثيرا ما يجد، ويأكل، جثث حيوانات قتلها الصيادون بالرصاص، جثثا تمتلىء بطلقات الرصاص – وكان هذا على أية حال واحداً من بين الأسباب التي جعلت هذا النسر مهددا بالفناء. اقترح بعض علماء الحياة البرية أن يُقدم للنسور لحم خال من الرصاص في مناطق مختارة للتغذية، وأن تدرب الطيور على أن تلجأ إليها. وجه بعض البيئيين نقدا عنيفا لهذا الاقتراح لأنه يبدو "معابثة للطبيعة". أما البديل لهذه المعابثة فهو إدارة الموطن بطريقة تسمح للطيور بأن تحيا وكأن الانسان غير موجود – وهذا أمر يصعب تحقيقه إذا كان الموطن سلسلة من الجبال في أكثر الولايات ازدحاما، تحدها طرق كبرى في شرقها وفي غربها.

وفي قصة نمر فلوريدا الأرقط مثال آخر يوضح بجلاء كيف أن إدارة الحياة البرية هي أيضا سياسة تطورية. يتجول هذا النمر الأرقط في براري شمال فلوريدا داخل وحَوْل غابة أوشيولا الوطنية وعبر الحدود إلى مستنقع أوكيفينوكي بولاية جورجيا. والحيوان يحميه قانون حماية الأنواع المهددة، وأعداده مراقبة بدقة. في عام ١٩٩٣ قامت "جماعة متخصصي تربية الحيوانات في الأسر" (وهذه مستودع علمي غير حكومي) بدراسة البيانات التي جمعتها "اللجنة البينية لنمر فلوريدا الأرقط" (وهذه جماعة للإدارة تمثل أربع وكالات فيدرالية وولائية)، ثم أصدرت تقريراً يحذر من أنه ما لم نفعل شيئا، فستتفاقم بزيادة التربية الداخلية مشاكلُ التكاثر والعيوب الوراثية – مثل

لغط القلب، وسيختفي النمر الأرقط - وعدده نحو ٥٠ فرد بالغا - في أقل من ٢٥ عاما. لاحظ هنا أن المعلومات الحرجة كانت في صورة إسقاط يرتكز على التحليل الوراثي. كان العلماء يطلبون من المسئولين أن يستجيبوا لشيء لم يحدث بعد.

صُعِّد الأمر إذن إلى وكالة التوجيه التطوري المناسبة - وكانت في حالتنا هذه هي قسم الأنواع المهددة بوزارة الداخلية في واشنطون دي سي - حيث قرر المسئولون إدخال أصول تربية جديدة. وأسد تكساس الجبلي قريب لصيق لنمر فلوريدا الأرقط، وقد جُلِب منه عشرة أفراد - بعضها أُسِر من البرية وبعضها رُبِّي في الأسر - زودت بأطواق تحمل أجهزة أرسال بحيث يمكن تعقب تحركاتها من طائرات تحلق فوق المنطقة، ثم أُطلقت. سَلَّم مدير الوكالة بأن هذا كان إجراء بالغ الأثر، لأنه قد "يعيد تكوين التنوع الوراثي الأصلي" لعشيرة النمر الأرقط. ولقد نجح مثل هذا مع أنواع أخرى، ثم إنه لا يعرِّض الوضع القانوني للنمر للخطر - وهذا هو المهم هنا. فأسد تكساس الجبلي ونمر فلوريدا الأرقط يعتبران نويعين لنوع واحد، وقد كان التزاوج يحدث بينهما في الماضي غير البعيد جدا، ولا يزال النمرالأرقط من الناحية الرسمية نوعاً (مُهَددا) مميَّزاً، وليس هجينا.

في أواخر ربيع عام ١٩٩٥، وبعد أن أُطلقت أسود تكساس الجبلية بوقت قصير، بيَّنت الإشارات المنبثة من غابة فلوريدا الحارة أن الذكر رقم ٥٤ من نمور فلوريدا يقضي وقتا طويلا مع الأنثى رقم تي إكس -١٠٦ من أسود تكساس الجبلية، وأن الإشارات القصيرة المتكررة الصادرة عن هذه الأنثى تعني على الأغلب أنها قد توقفت عن التجول وبدأت في إعداد عرين لصغارها. تملَّك الحماس الشديد البيولوجيَّ المشرف على برنامج إعادة التوطين - ليس فقط للنتائج المباشرة المنتظرة، وإنما أيضا للفائدة المحتملة لهذا التقارب البيومعلوماتي بالذات. قال: "ربما لم يكن لأحد حتى أن يفكر في هذا المشروع منذ ستين عشر، أما الآن فإنّا نسطيع أن نجمع ما بين النواحي الحقلية

التي تصلنا من العدَّاد وبين الوراثة الجزيئية المفصلة والتاريخ الطبي. أمامنا فرصة أن نعرف حقا شيئا جوهريا، ليس عن نمر فلوريدا وحده، وإنما أيضا عن العمليات البيولوجية الطبيعية، وعن كيفية تعزيز الأنواع في المستقبل".

بشكل أو بآخر، يستمر تزايد التوجيه البشري والإدارة – الإدارة النشطة كما في الحالة السابقة، أو الإدارة "السلبية" بحماية الأنواع وموطنها. وللإدارة "السلبية" أعمال خاصة، مثل القيام بدوريات الحراسة حول المناطق البرية وفرض القانون داخلها. لكن الأمر لا يتعلق فقط بأنواع الحيوانات على اليابسة، فالناس يقومون أيضا بإدارة الطيور في الهواء – مثلما الأمر عندما تتفاوض الحكومات بشأن معاهدات دولية لحمايةمسارات هجرتها – وبإدارة الأسماك في البحار. هناك حرم للحياة الوحشية البحرية على بعدٍ من ساحل كاليفورنيا، كما يجري الجدل على ساحل الاطلنطي بين الصيادين والصيانيين والعلماء والمسئولين الحكوميين حول النضوب الخطير لمصايد الأسماك القريبة من الشاطيء. ثمة حل من بين الحلول المعروضة – هو صورة أخرى من التوجيه – يقول "بخصخصة" مصايد الأسماك بمنح الحق لآحاد الصيادين في صيد نسبة معينة من المحصول السنوي. وفكرة هذا المدخل – الذي استخدم بالفعل بالنسبة لبعض أنواع الأسماك – هي ما نتوقع من زيادة اهتمام الصياد بالحفاظ على صحة المَسْمَكَة ككل إذا كانت له فيها حصة معلومة، كلما ازداد السمك ازدادت حصته وارتفع دخله. هذا هو الوجه الحسن. أما الوجه السيء فهو أن تعيين حصص لأناس تتوقف حياتهم عليها هو أمر غاية في الصعوبة، وسينتهي بخروج الكثير من الصيادين من المهنة. يتحول مصير النظم الإيكولوجية الموجودة تحت الماء في ضفيرة معقدة مع ما يحكمها من النظم الاقتصادية والسياسية البشرية.

البيوتكنولوجيا في البرية

بدأت البيوتكنولوجيا تلعب دوراً في الحياة البرية - بضعة أدوار في الواقع. كانت فاكسينات الحيوان من بين أول المنتجات الطبيعية المرتكزة على الدنا المُطَعَّم، وكان الهدف في البداية هو حيوانات المزرعة، لكن البعض منها أثبت نجاحه في الحيوانات البرية أيضا. قاومت فرنسا وبلجيكا وباء الكَلَب بين الثعالب بأن أسقطت من الهواء غذاءً لها مزوداً بالفاكسين. ولقد أصابت هذه التجربة من النجاح ما جعل منظمة الصحة العالمية تلتقط الفكرة وتطبقها - وسرعان ما كانت تُسقط من الهواء فاكسينات في الطعام للكلاب البرية في تونس وتركيا وبعض مناطق جنوبي أمريكا. عبَّر خبراء الصحة العمومية عن حماسهم الكبير لمثل هذه البرامج، ورأى البعض أنه على الرغم من استحالة التخلص من مرض الكَلِب من العالم كله، فربما كان في الامكان إزالته من دول بأكملها أو أقاليم كاملة من قارات. جربت استراليا استخدام فيروس مُهَنْدَس وراثيا صُمم لنشر العقم بين عشيرة الأرانب الرهيبة هناك - خطوة أخرى في اتجاه إدارة النظم الإيكولوجية على النطاق الواسع.

الصورة الأكبر: إدارة النُظُم الإيكولوجية، حماية القارات

تزايد تحول التأكيد من إدارة العشائر/ إلى إدارة النظم الإيكولوجية، ومن حماية آحاد الأنواع المهددة داخل النظم الإيكولوجية إلى حماية النظم الإيكولوجية المهددة ذاتها. والحق أن ليس ثمة تمييز قاطع يمكن وضعه بين إدارة (أو حماية) النظم الإيكولوجية وبين إدارة (أو حماية) الحياة البرية؛ بل الحقيقة هي أن هناك الآن تواصلاً عاماً من تبنيك الجينات عبر حفظ الحيوانات، إلى إدارة الحياة البرية والنظم الإيكولوجية. ولقد نُفيِّئها في عقولنا وفي بيروقراطيتنا، لكنها جميعا ليست سوى جوانب من الدور المتعاظم الذي يلعبه البشر في حياة المحيط الحيوي. يدرك البيئيون أهمية النظم الحيوية، وطالما

استخدموا أنواعاً من الكائنات مهددة يحميها القانون - البومة المنقطة مثلا - كوسيلة لحفظ نظام إيكولوجي لا يتمتع بمثل هذه الحماية.

ليس هناك في الحق شيء في هذا العالم يحتفظ بنقائه وبكارته الأولى - إنْ تكن بعض المناطق في البرية قد تشبه ذلك، وتُدار بحيث تُجنب الآثار المدمرة المعروفة للتنمية والتعدين وقطع الأشجار. على أن إبقاء النظام الإيكولوجي في حالته البكر هو دائما أمر سياسة، وهو دائما أمر صعب. عندما زرت كوستاريكا منذ سنين، أثّر فيَّ كثيرا نظام الحدائق الطبيعية القومية المحظورة - وأزعجني في نفس الوقت ما عَلِمْته من أن الحكومة تقوم بدوريات حول هذه الحدائق لطرد الفقراء الذين ينتهكون حرمتها وينبشون قطعا من الأرض على جوانب التلال لزراعة الذرة. يهدد الإصلاح الديموقراطي في جنوب أفريقيا السبعة آلاف ميل مربع التي تشغلها حديقة كروجر الطبيعية المحاطة بمستوطنات يقطنها أفقر الناس هناك - البعض منهم يريد أن يرعي حيواناته هناك، والبعض الآخر يطلب على الأقل دوراً في إدارتها. أمكن في بعض الحالات حل هذه المعضلات: فلقد حدث تقدم مثلا في كوستاريكا بمشاريع "الزراعة الغاباتية" التي تمكّن السكان المحليين من كسب عيشهم في النظم الإيكولوجية بينما هو يحفظونها تقريبا في حالتها الأصلية. لكن التوتر بين التنمية والصيانة سيظل دائما مصدراً للمتاعب في إدارة النظم الإيكولوجية.

هناك أيضا خلافات في طريقة إدارة الحياة البرية حول أفضل الطرق طبيعيةً لإدارة الطبيعة. ربما كانت أسخن القضايا - والتلاعب اللفظي غير مقصود - هو موضوع حرائق الغابات. نبه الحريق الهائل الذي شب -في يلوستون- صيف ١٩٨٨ الفظيع (سلسلة الحرائق في الواقع) نبه الجماهير إلى خلاف هائل بين المشتغلين بإدارة الغابات حول ما إذا كان الأفضل أن يُسمح للحرائق بأن تتقد، أم أن الواجب هو إخمادها. فالاستجابة الطبيعية هي أن يسمح لها أن تتقد، لكن هذا يتعارض مع رؤية أصحاب المنازل في الغابة أو قريبا منها، ومع رؤية من يرون ضرورة وقاية المحميات البرية، ورؤية الرسميين

يريدون بالطبع أن يفعلوا شيئا عندما تشب النار في الغابة. أما مؤيدو "الحريق الطبيعي" فيقولون إن المطلوب ليس فقط السماح بحدوث الحرائق، وإنما أيضا أن نساعد على إشعالها من آن لآخر لمنع تراكم الحطام الذي يجعل الحريق أكثر خطورة عندما يحدث مصادفةً.

يزيد من تعقيد الصعوبات التقنية والسياسية حقيقة أن أي نظام إيكولوجي هو بدوره جزء من نظام أكبر منه. والأراضي الرطبة - التي يُنَاقش الكونجرس الأمريكي حمايتها عند وضع هذا الكتاب - لا تخدم فقط كمَواطن لما بها من أنواع، وإنما أيضا كمحطات توقف ضرورية للطيور المهاجرة. ثم إنها تؤدي أيضا مهاماً بالنسبة للنظم النهرية الأكبر ومناطق سقوط الأمطار المتصلة بها، إذ تنقى المياه من الشوائب وتتحكم في الفيضانات. من بين أهم مناطق الأراضي الرطبة بالولايات المتحدة منطقة المستنقعات بجنوب فلوريدا، تلك التي وُضع لها جدول زمني لمساع جبارة لإعادة تزويدها بالمواسير، وهذا أمر قد يستغرق خمسة عشر عاماً أو عشرين ويتكلف نحو بليونين من الدولارات. يعتبر تحديد مواطن الحياة البرية واحداً من أهداف هذا المشروع، لكنه يختص أيضا بإعادة تشبيع الطبقة المائية الجوفية التي هي مصدر المياه للمناطق المدينية الواسعة المتنامية على طول الساحل. ولقد أشعل هذا المشروع نصيبه من الخلافات السياسية، لكن المفهوم عموماً أن له مردوده في حماية البيئة والتنمية المدينية. وإذا نظرنا إلى ما يشمله المشروع - نحو ١٤٠٠٠ كيلو متر مربع - وإلى قربه من مدن ومزارع كبيرة، أدركنا أنه أهم ما دُبِّر من خطط في إدارة المَواطن.

وعلى الرغم من الشعار الذائع القائل إن "الصغير جميل"، فإن الكبير عادة ما يكون أكثر جمالاً إذا ما تعلق الأمر بإدارة وحماية المناطق الطبيعية. الطرد الصغير يميل إلى أن يكون أكثر هشاشة وأكثر عرضة للتلف إذا ما تعرض للأنشطة من حوله. كان هذا هو المنطق الذي أدى إلى تأسيس أكبر منطقة برية في العالم، حديقة تاتشينشاين - آلزيك البرية ذات الخمسة وعشرين

مليون فدان بشمال كولومبيا البريطانية. ولقد يجادل البعض بأن أكبر المناطق البرية هي القارة القطبية الجنوبية، التي مُنحت الحماية دوليا في عام ١٩٥٩. بهذه المعاهدة الدولية وافقت كل الدول، التي تَدَّعي لنفسها حقوقا على بعض أجزاء القارة، على أن تعلّق ادعاءاتها مؤقتا، وأن تُفتح القارة للبحث العلمي - وأن يُحَرَّم بها أي نشاط عسكري أو اختبارات نووية أو دفنٍ للنفايات النووية.

وواقع الأمر هو أن العالم كله يخضع للإدارة البشرية، بطريقة أو بأخرى. البعض من هذه الإدارة قد يكون أقل صراحة - مثل أثر البشر على الغلاف الجوي. هذه هي الحقيقة الكبرى، والمخيفة لحد ما، التي كشف عنها الجدل حول ارتفاع حرارة جو الكرة الأرضية.

الصورة الأكبر: جايا المتحكمة

قُبيل منتصف هذا القرن بدأ الناس - بفضل القنبلة الذرية - يتعرفون على فكرة أن شيئا ما يحدث للعالم كله نتيجة للنشاط البشري، شيئا أمامه تبدو كل الحروب السابقة مجرد حوادث تافهة. ومعظم من يحيا الآن على سطح الأرض لا يذكرون ما كان قبل ظهور هذا الاحتمال، قبل أن يصبح جزءا من وعينا: تلك الصور القاتمة عن محيط حيوي واحد، عن عالم غير حصين، عن عالم يمكن بسهولة أن يحوره إلى الأبد شيء من صنع البشر. عشنا مع هذا عقوداً، ثم بدأ طيف الهولوكوست النووي يفقد بعضا من قوته المخيفة، عندما ظهر احتمالٌ بنوعٍ آخر من الهولوكوست الكرضي - صورة جديدة عن محيط حيوي واحد، عن عالم غير حصين، عن عالم يمكن بسهولة أن يحوره إلى الأبد شيء من صنع البشر. أبدا لم تكن خمسين عاماً مريحة!

دخل سيناريو تدفئة الأرض إلى الوعي العام نَشِطاً وبسرعة. والواقع أن العالِم السويدي سفانتي أرهينوس قد تنبأ لأول مرة، حول مدخل هذا القرن، بأن زيادة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي ستؤدي إلى ارتفاع، يصل

إلى تسع درجات، في متوسط درجة الحرارة الكرضية. ولقد تطلب الأمر وقتا طويلاً – حتى أواخر الثمانينات عندما ضربت موجةٌ حارة وسطَ الغرب والساحل الشرقي من أمريكا – لينتعش هذا التأمل الغامض منتقماً، ويصبح موضوع جلسات استماع في قاعات مجلس الشيوخ وموضوع مقالات على الصفحات الأولى من الجرائد. رافقت هذه السيناريوهات تنبؤاتٌ مروعة عن حر خانق، عن ذوبان القلنسوة الجليدية القطبية، عن ارتفاع مياه المحيطات، عن نُظُم الطقس وقد أصابها السعار. في نفس الوقت كان البيئيون يلفتون أنظار الجمهور إلى نضوب طبقة الأوزون بسبب استخدام الانسان للكلوروفلوروكربونات. نشرت منظمة جرين بيس البيئية بالجرائد إعلانات تشغل صفحات كاملة تحذر من أن: "الحياة الطبيعية قد تُعَوَّق لأجيال. وقد يصبح من الخطر في بعض الحالات أن تخرج من منزلك". عضد سيناريوهات الكارثة الجديدة أناس ذوو شأن وقورون. فهذا جورج ميتشيل، الشخصية العامة البارزة – وكان آنئذ زعيم الأغلبية بمجلس الشيوخ – يكتب قائلا:

سيقدح المناخ المتطرف تشوشا أرصاديا – يثير أعاصيرَ لم نشهد مثلها قبلا، قادرة على قتل الملايين؛ موجات من الحر طويلة لم يسبق لها مثيل؛ جفافاً هائلا قد يدفع أفريقيا بأكملها وشبه القارة الهندية إلى حافة المجاعات الجماعية... وحتى إذا تمكنا اليوم من وقف انبعاثات غازات الصوبة، فسنظل معرضين حتى منتصف القرن القادم إلى زيادة في الحرارة، على طول العالم وعرضه، مقدارها ٢–٤ درجات فهرنهيتية. سيكون الجو آنئذ أدفأ مما كان عليه خلال المليوني سنة الماضية. فإذا لم يُكْبح جماحه، فقد لا يباريه في الدمار المحتمل إلا الحرب النووية.

وكان من المحتم أن يبدأ رد الفعل. قفز الكتّاب المحافظون إلى آلاتهم الكاتبة وأسرعوا يطمئنوننا: لن يحدث ارتفاع في حرارة الأرض، وحتى ولو حدث فستتعلم كيف نحبه. ثمة مطبوعات صدرت عن معهد هوفر – المستودع الفكري ذي الميول اليمينية، في ستانفورد – تقول إن التدفئة

الكرضية "هبةً للإنسان وغيره من الحيوانات"، وتشير إلى أن لنا أن نتوقع عددا من الآثار النافعة بجانب المشاكل. فالمناخ الدافيء سيقلل من تكاليف النقل، لأن الثلج والجليد يعرقلان حركة السيارات والشاحنات، ولأن العواصف تعطل السفر بالطائرات. ولقد تظهر فرص سياحية في أماكن مثل الاسكا وشمال كندا. سيقلل انقطاع التيار وتَعَطُّل الاتصالات السلكية. سيصبح جنوب غرب الولايات المتحدة أكثر مطراً ومن ثم أفضل للزراعة.

والانحراف في ردود الفعل تجاه قضية تَغَيُّر المناخ أمر واضح جداً، أمر لا يُشجع بالنسبة لمستقبل مجتمع البيومعلومات الكرضي. فردود فعل الأفراد على ما يبدو تتوقف على إيديولوجياتهم. فأما وجهة نظر اليمين فقد كانت دائما أن البيانات ليست مقنعة، وأن التنبؤات بالتدفئة الكرضية ليست دقيقة – أو أنها، إن كانت دقيقة، ليست بالمشكلة على الاطلاق. لا سبب للمعابثة مع الاقتصاد. وأما وجهة نظر اليسار فهي أن الكارثة ستحل إن لم تكن قد وقعت بالفعل، وأنه على العالم أن يتخذ على الفور عدداً من أشياء، يرددها أهل اليسار دائما على أية حال، مثل تنظيم الصناعة على نحو أكثر صرامة، والتحول إلى موارد طاقة بديلة. في مؤتمر عن تدفئة العالم عَقَدَته الجمعية الأمريكية لتقدم العلوم سمعتُ أحد المشاركين يقول إن هناك وفرة من الحلول تحوِّم باحثة عن مشكلة، وأنها على ما يبدو قد وجدت المشكلة! قرأت في نفس الوقت تقريبا مقالاً كتبه أحد الماركسيين عبَّر فيه عن أمله في أن تقوم قضية المناخ "بإنقاذ الاشتراكية". كتب أحد الكتاب مؤخرا في مجلة "نيتشر" يقول: "في بريطانيا.... اكتشفتْ كلٌّ من الجماعات التي تبحث عن الأرباح التجارية أو الأهداف السياسية الخارجية أو السياسات الداخلية، اكتشفتْ استخداماً خاصا بها لنظرية التدفئة. كانت الفرص التي تتيحها النظرية عند البعض هي ملاحقة جدول أعمال البحث العلمي العالمي، وكانت عند آخرين هي تعزيز القوة البيروقراطية في دوائرهم... كانت الدعوات لِسَنِّ قوانين بيئية تلقى قبول البيروقراطيين البيئيين... أما السياسيون المحليون فقد ربحوا منبراً

عالميا يمكنهم منه أن يبذلوا بلاغتهم الخضراء، بعيداً، حتى الآن، عن قضايا المشاكل المحلية".

ورغم ذلك، رغم كل البيانات المتضاربة عن قضايا تغير المناخ ونضوب طبقة الأوزون - بل ورغم الآراء الأكثر تضارباً حول طريقة تفهمها - فثمة حقيقة أكبر تتجلى هي تعوُّد الناس على رؤية العالم في صورة نُظُم. يعتنق معظم الناس الآن فكرة الربط بين استخدام الكلوروفلوروكربونات (ك ف ك) وبين طبقة الأوزون، فكرة الربط بين إنتاج غازات الصوبة ومناخ العالم - وهذا يعني عند الناس طريقة مختلفة وجديدة تماما لفهم المحيط الحيوي. وعندما نقرأ بالجرائد عن مؤتمرات دولية وعقد اتفاقيات -أو إخفاق في عقدها - حول تغيرات واسعة النطاق في السياسة، عندئذ نستوعب مفهوماً آخر أكثر حتى تطوراً: فكرة أنْ تقوم الحكومات بدور في حماية الغلاف الجوي ومناخ الكرة الأرضية. بل وتُسهم في هذا - لحد محدود- حتى المعارضة المحافظة وذلك بمناقشتها ضرورة القيام بمثل هذا العمل. يكون لموضوع جدلك أحيانا نفس أهمية مَنْ يكسب الجدل.

ربما كان لي أن أقول إنّا قد وصلنا بسرعة - إذا تذكرنا أنه لم يمض زمان طويل منذ كان أسلافنا يتجولون في سهل أولدفاي وأجسادهم عارية - وصلنا إلى مرحلة غيَّر فيها النشاطُ الانساني الغلافَ الجوي للأرض. إن تزايد ثاني أكسيد الكربون في الجو أمر موثق جيداً، وكذا أرجحية أن يستمر تزايده. لا تزال عواقب ذلك محل كثير من الشك، لكن الإجماع العلمي يتحرك نحو توقع بزيادة الدفء وارتفاع مستوى ماء البحر. ولقد وصلنا أيضا إلى النقطة التي أصبحت فيها نظم المعلومات تخبرنا أكثر وأكثر عن هذه التطورات أثناء تكشُّفها، النقطة التي تحمل فيها نظم الاتصال الأخبارَ حول العالم، النقطة التي يتناقش عندها الناس حول الاستجابة الحكومية المتوقعة. أمامنا الآن قضية الإدارة الإيكولوجية وقد طُرحت على المستوى الكرضي.

في مقالة ظهرت بمجلة "السياسة وعلوم الحياة" قدم بول وابنر تمييزا مفيدا بين المشاكل الكرضية والمشاكل العالمية. عرّف المشكلة الكرضية بأنها مشكلة "تؤثر فيزيقيا في كل شخص في هذا العالم"، وأعطى لها ثلاثة أمثلة: ظاهرة الصوبة ونضوب الأوزون والانقراض الكرضي للأنواع. في مقابل هذه تكون المشاكل العالمية (مثل الأمن وحقوق الانسان والجوع) مشاكل "لا تؤثر في كل فرد على سطح الأرض". والواقع أن الكثيرين لا يعيرونها اهتماما كبيرا، بل وقد لا يعرفون بها أصلاً. وظهور المشاكل الكرضية الحقيقية إنما يشير، كما يقول، إلى أن "الخبرة البشرية في نهاية القرن العشرين تختلف اختلافا بيِّنا عن خبرة الأزمنة السابقة. إن هذا يعني ولوج البشرية إلى العصر الكرضي".

وأنا شخصيا أفضل أن أسميها قضايا، لا مشاكل، لأن الناس لا يُجمعون بالنسبة لأي من أمثلة وابنر - ظاهرة الصوبة، نضوب الأوزون، انقراض الأنواع - على وجود مشكلة أصلا: تلك هي المشكلة. لكنها بالتأكيد قضايا كرضية، ومن ثم مقدمات إلى سياسات القرن الحادي والعشرين - سياسات كرضية لعالم يتزايد تشابكه ويتزايد انتباهه لأي إشارة عن اضطراب في نُظُم المحيط الحيوي التي تمدنا بأسباب الحياة.

يسهل أن تحبطك المواقف والغلو لدى أنصار هذه القضايا من كلا الجانبين، لكن من المفيد أن نُقِر بأننا قد قطعنا شوطا طويلا: لدينا نُظُم معلومات يمكنها أن تقيس الأوزون بأجزاء في البليون، لدينا نظم توجيه يمكنها مع التعهدات الدولية أن تستجيب لوقف تصنيع ك ف ك. أما بالنسبة لظاهرة الصوبة، الأكثر تعقيدا، فلدينا نظم معلومات يمكنها أن نقيس تزايد (ك أ٢) وغيره من الغازات في الغلاف الجوي، ولدينا نماذج للمناخ نختبر بها النظريات عن الآثار المحتملة، ولدينا الاجتماعات الدولية مثل مؤتمر مونتريال لخفض ك ف ك، وقمة الأرض في ريو، ومؤتمر برلين لتخفيض انبعاثات غازات الصوبة. لا شك أن عشاق الطبيعة سيفضلون أن يكون القرار في مثل هذه الأمور هو قرار الحكمة الجليلة لجايا، بينما قد يفضل ذو النزعة التقنية أن

يكون القرار في يد العلماء وآلاتهم وأن يصمت كل من عداهم – لكن مهما يكن من أمر، فليست هذه هي الطريقة التي تجري بها الأمور الآن. لا يمكن أن تفصل النظم البشرية عن أنشطة المحيط الحيوي، إن أهم قرارات إدارة النظم الإيكولوجية – لاسيما الكُبْرَيات منها – تدخل في مجال السياسة.

اعتمِد على نظم المعلومات الكرضية في بقاء إدارة المحيط الحيوي على جدول الأعمال العمومي. يقوم برنامج حكومة الولايات المتحدة لبحوث التغير الكرضي بتنظيم أعمال إحدى عشرة وكالة فيدرالية مختلفة. من بين هذه: مؤسسة العلوم القومية، الناززا، الإدارة القومية لعلوم المحيطات والغلاف الجوي. تغذي عمل الباحثين أقمارٌ اصطناعية في الفضاء، ومحطات مراقبة على الأرض والمحيطات، وأجهزة مختلفة لأخذ عينات الماء والهواء، ومقادير لا تحصى من البيانات، بجانب الكمبيوترات الحديثة وشبكات الاتصال. تَعْتبر مجلة "إيرث ووتش" أن هذا "بلا جدال هو أكثر ما ظهر من برامج مراقبة الأرض طموحاً وشمولاً". لكنها تضيف أنه "ليس إلا جزءاً من زمرة دولية من مشاريع مماثلة بالعشرات من الدول الأخرى، من بينها "مطياف خرطنة الأوزون" على ظهر سفينة الفضاء الروسية متيور٣، والقمر الاصطناعي الأمريكي الفرنسي توبكس – بوزايدون لقياس ارتفاع مستوى سطح البحر بدقة تبلغ سنتيمترين، مكوك فضاء ألماني الصنع (لقياس الأشعة تحت الحمراء بالجو، وما به من الشق الكيماوي الخطير: أ يد)، واختبار ياباني أمريكي "لمقياس استطارة" نازا، والعشرات الأخريات من أجهزة القياس السرية المعقدة بعشرات الدول، وغابة كاملة من الألفاظ الرمزية". يشير نفس التقرير إلى أن الجزء الأكبر من المشروع كله – والمزمع أن يبدأ عمله عام ١٩٩٨ – هو "نظام مراقبة الأرض" لمؤسسة نازا، وله سلسلة من الأقمار الاصطناعية أطلقت على مدى عشر سنوات لقياس كل شيء، بدءاً من الإيروسولات، وحتى البلانكتون النباتي. لن يُترك شيء دون أن يُرْصَد.

يدأ في نفس الوقت حديث عن مشكلة كرضية أخرى. احتشدت مجموعة من نحو ١٥٠ فلكيا وباحثا فضائيا في كاليفورنيا عام ١٩٩٥ للنظر في احتمال أن تصطدم الأرض بنجيمة أو مذنب. كان القرار النهائي العام هو أن هذا الاحتمال مستبعد، لكن ليس لدرجة أن نهمله باطمئنان. من المحتمل أن يكون مثل هذا الاصطدام قد حدث في الماضي، ومثله بالتأكيد قد حدث منذ سنين معدودة على كوكب المشترى، عندما تحطم مذنب شوميكر – ليفي واندفع إلى جو الكوكب بقوة تعادل بضعة ملايين قنبلة ثرمونووية. جاءت أيضا المعلومات عن كشفين علميين مختلفين – أحدهما عن ماضي كوكب الأرض، والآخر عن وقائع بالأطراف البعيدة من النظام الشمسي – معلومات تثير قلقا جديدا. ناقش المتحدثون في المؤتمر فكرة تحويل الصواريخ البالستية عابرة القارات إلى أسلحة مضادة للنجيمات، وزكىّ تقريرُ المجموعة إلى الكونجرس أن يجرى العمل الآن لتكثيف نظم الكشف باستخدام التلسكوبات والرادار: زيادة جديدة في ربط العالم بالأسلاك، ثم تعزيز آخر لصورة محيط حيوي واحد، عالم غير حصين، عالم يمكن أن يحوره (أو في حالتنا هذه: أن يحميه) إلى الأبد شيء من صنع البشر.

نظام من أي نوع؟

إذا نظرنا إلى بعض هذه الأمثلة عما يحدث في المحيط الحيوي اليوم، لاحظنا بوضوح أن نظم العالم الإيكولوجية لم تعد تعمل منفصلة عن القوى البشرية – إذاحاول الناس أن يفهموا هذا العالم، تحولوا بالطبيعة إلى مختلف مفاهيم النُظم – نظريات النظم العامة لعلماء مثل لودفيج فون بارتالانفي وكينيث بولدنج، سيبرانطيقا روبرت وينر وزملائه، نظرية جايا وأفكار النظم الأحدث لمنظّري التعقيد بمعهد سانتا في.

لكن، أي نوع من النظام يكون هذا الكوكب بكل ما عليه من صور الحياة غير البشرية، وببلايينه من البشر، وبمجتمعه البيومعلوماتي الكرضي،

وبمحيطه العقلي الالكتروني من تكنولوجيات مراقبة الأرض؟ إنه بالتأكيد نظام **طبيعي**، محيط حيوي حي، كان له وجود طويل ثري قبل أن يؤهل نفسه بالسكان. لكنه الآن أيضا، وبمعنى ما، نظام **اصطناعي**، بنظمه المُدارة وبأنشوطاته الإلكترونية المرتدة. ثم، وفي نفس الوقت الذي يزداد فيه ادراكنا **بوحدته** – حياته كنظام واحد – ندرك أيضا **التنوع** المذهل في نُظُمه الثانوية، والنظم الثانوية للنظم الثانوية. يتضح لنا أيضا أنه على الرغم من أننا نستطيع أن نطلق اسم "الادارة" أو "التوجيه" على دور البشر في أعمال هذا النظام، إلا أن هذاالدور ليس نوعاً من التوجيه الميكانيكي، يُخطِّط فيه كل شيء في دقة، ويُنَظِّم ويُوَجَّه. قد يقلقك هذا – إلا إذا رجعت إلى الشواهد على أن النظم من كل حزب تعمل بقواعد تنظيمية ليس بينها الكثير وبين الرسوم البيانية المتقنة التي يبحث عنها البيروقراطيون، بمستطيلاتها وخطوطها المستقيمة.

يهتم منظِّرو التعقيد، خاصةً، بطريقة عمل ما يسمونه"النظم المعقدة القادرة على التكيف" – النظم التي تستطيع أن تكتسب المعلومات عن البيئة، وما تفعله هذه المعلومات بالبيئة، وأن تستغل هذه المعلومات في رسم شيء كالخريطة ثم تقوم بالعمل على أساسها. يمكن للترموستات أن يستجيب لتغذية مرتدة من بيئته، لكنه لا يتعلم ولا يغير سلوكه. ومثله أيضا يفعل "نظام الخبراء"، الأكثر ذكاءً وتعقيدا، الذي فيه يضخ الخبراءُ من البشر المعلومات، ليقوم بأداء مهام مذهلة مثل تشخيص الأمراض. وكما أشار موراي جيل – مان الفيزيائي مسبب التشوش داخل معهد سانتا في : إن مثل هذا النظام "لا يتعلم وتزداد معرفته مع تزايد ما يُجريه من تشخيصات، إنما يمضي يستخدم نفس النموذج الداخلي الذي طوره الخبراء المستشارون". لكنّ هنا معنا من حولنا تعمل نظم معقدة حقيقية قادرة على التكيف. فإذا أردت أمثلة بيولوجية فعندك البشر، والمخاخ، وأجهزة المناعة، والنظم الإيكولوجية والخلايا. وإذا أردت أمثلة ثقافية/ اجتماعية فعندك الأحزاب السياسية،

والأمم، والمجتمعات العلمية. مؤهلة أيضا الإنساليات الأكثر تقدماً، وبرامج "الحياة الاصطناعية" للكمبيوتر. بكل هذه النظم ملامح مشتركة معينة (كما يقول جون هولاند المنظِّر التطوري عالِم الكمبيوتر):

بدايةً، كل نظام هو شبكة من عديد من "الوكلاء "، كلٌ يختص بعملٍ خاص: الخلايا في المخ، الأنواع في النظام الإيكولوجي. ينحو التحكم إلى أن يكون موزعاً عبر الشبكة. هذا صحيح حتى بالنسبة للتنظيمات التي يُفترض أنها هيراركية (إسأل رئيس الولايات المتحدة)، وهذا صحيح أيضا بالنسبة لأي نظام معقد مثل جسدك أنت.إنك لا تستطيع أن تحيا إذا كان عليك أن تعتمد على ذكائنا الجماعي في كل نَفَس وكل نبضة قلب، وفي مراقبة وتوجيه أعمال كل أعضائك وغددك.

وثانيا: لكل نظام معقد قادر على التكيف مستوياتٌ عديدة من التنظيم، لكل مستوى وكلاء يخدمون كأحجار بناء لوكلاء في مستوى أعلى. مجموعة البروتينات والليبيدات وغيرها من المواطنين يصنعون خلية، ومجموعة الخلايا تصنع نسيجا، ومجموعة الأنسجة تصنع عضوا. سنجد فئاتٍ كهذه من نُظُم ونُظُم ثانوية في المصانع، وفي النظم الاقتصادية. تقوم النظم المعقدة القادرة على التكيف أيضا – وهذا هو الأهم – بتغيير الأشياء من حولها، تعدل وتعيد تشكيل هذه القطع استجابةً للمعلومات، بحثا عن طرق للعمل أكثر كفاءة. وعلى الرغم من أن الأمثلة التي أوردتُها عن هذه النظم جاءت في صورة أسماء، إلا أنني أعتقد أننا نكون أقرب إلى روح نظرية التعقيد إذا اعتبرناها أفعالا – ليست أشياء، وإنما أشياء تحدث، أنماط تفاعلٍ، تدفّق معلومات.

وثالثا : إن النظم المعقدة القادرة على التكيف تتوقع المستقبل. قد يصعب أن تتصور البكتيرة مستقبلية، لكن كل كائن حي يحمل بداخل جيناته تنبؤاته التي ترتكز على التعلم من الخبرات السابقة: أنت تعرف أنك إذا وضعت يدك

في النار فستؤلمك. وهذه التنبوات تخلق سلوكا في النظام، ثم انها تُنقّح باستمرار استجابةً للخبرات الجديدة.

ورابعا: للنظم المعقدة القادرة على التكيف الكثير من المحاريب، أو، إن شئت، الوظائف التي يقوم الوكلاء داخل النظام دائما بالتكيف لشغلها. وكلما شغل وكيل محرابا – كلما بدأ مقاول عملا جديدا، أو كلما وجد حيوان استراتيجيةً مختلفة للأكل والتكاثر – خُلقت محاريب أخرى لطفيليات جديدة ومفترسات وشركاء. النظام يتطور دائما ككل، يخلق فرص عمل جديدة. والأحياء بداخله يبحثون دائما عن عمل. لك بالطبع إذن أن تتوقع أن الكثيرين من الناس ومن المجاميع ستشغلهم قضايا جديدة مثل تغير المناخ الكرضي، وأن بعض رجال القانون سيكتشفون احتمالات هائلة في منتجات جديدة مثل نوربلانت.

ماذا يقول هذا لنا عن التوجيه البشري للمحيط الحيوي؟ الكثير الكثير، على ما أظن. إنه لا يتعلق بأحبال السياسة والنزاعات والسلطة – وهذه مواضيع سأتحدث عنها بالتفصيل في الفصلين التاليين – لكنه يذكرنا بأن القرارات البشرية في قضايا الإدارة الإيكولوجية،حتى الكرضي منها، ستتّخذ في أماكن متعددة.

ليس من الغريب أن نجد أن الكثيرين ممن يحاولون البعد بعقولهم عن الوضع الكرضي الجديد، أن نجدهم منجذبين نحو منظِّرين من أمثال إليا بريجوجين، الفيزيائي البلجيكي اللامع الذي اقترح استكشافُه "التنظيم الذاتي العضوي" بكل ضروب النظم – حية وغير حية – اقترح إمكانية أن يتعاون الناس دون ما وصايا تصلهم من أعلى، من خلال سلسلة كرضية من الأوامر. ومثل هذه الأفكار – إذا نُزِعت من سياقها العلمي – تبدو أحيانا كما لو كانت وصفةً بأن نتكيء على نعيم العصر الحديث وننسى ما تفعله الحكومة

- لكني أرى أن بها الكثير مما يستحق الاهتمام الجاد، إنهـا شـظايا مـن نظـرة جديدة إلى العالم تحاول أن تتشكل والناس يدركون عالما جديداً.

ينقص هذه النظرة إلى العـالم، حتـى الآن، إقـرار بالالتحـام الكـامل للنظـم الطبيعية بالنظم البشرية، وبالطرق التي بها يتحول التوجيه البشري لنظم الكرة الأرضية. إن فكرة أننا جزء من الأرض - لا فوقها فقـط - هـي قـوام الكثـير من التقاليد الإيكولوجية والروحية. ولقد جاءت فكرة التحامنا مـع ابتكاراتنـا عن عدد من المفكريـن، كمـا رأينـا بـالفصل الرابـع. لكننـا لا نسـتوعب هـذه الأفكار في صميم وعينا. لم نتمكـن بعـد مـن طريقـة نتحـدث بهـا عـن هـذا الكوكـب وناسه ومنظماته ونظم الاتصال فيه - هذا الكوكـب الـذي يتحـول جذريـا ويعيـد ابتكـار ذاتـه - علـى أنـه الكيـان الواحـد، الكيـان الـذي هـو بالتأكيد. إننا نفتقر إلى علم لهذا النظام المعقد القادر على التكيـف. لا وليسـت لدينا استعارة تثير الذكريات لمثل هذه الجايا البيونية التي تتطور.

الفصل الحادي عشر
ظلال الخُضْر المتغيرة

إذا كنت تحب البيئيين – وهذا أمر واجب – فإن أفضل خدمة يمكن أن تؤديها لهم هي أن تدلق على رؤوسهم ماءً بارداً.

– جريج إستيربروك.

ستكون الطبيعة في القرن الحادي والعشرين من صنعنا، القضية هي مدى التعمد في صياغتها، ودرجة الرضا عنها.

– دانييل بوتكين .

يقع الكثير مما عالجناه في الفصل السابق تحت العنوان العام للقضايا البيئية، وإن كنتُ لا أعرف تماما إلى أين ستقودنا البيئية في المستقبل. لقد غدا ضعفها كإيديولوجيا وكفلسفة واضحاً الآن تماما – ومع ذلك يصعب أن نبالغ في الأهمية التاريخية للحركة البيئية الحديثة. لقد كان ظهورها في هذا القرن حادثا مُعْلَمَ في تطور الانسان، إشارةٌ إلى أن هومو سابِيِنْس كان يكتشف العالم ويكتشف نفسه بأسلوب جديد.

على أن الاكتشافات على المستوى العريض للأنواع لا تتم كلها فجأة، وإن كان الزمن اللازم لمثل هذه التحولات المعلوماتية يقصر ويتضاءل. لقد تطلب الأمر زمنا طويلاً – منذ أن اكتشف راسمو الخرائط والملاحون أن العالم كروي – حتى تستقر صورة هذا العالم تماما في وعي كل الناس على الأرض. والواقع أنني لا أعتقد أن الكثيرين – حتى في الدول الأكثر تقدماً في العلم – قد استوعبوا فكرة الأرض ككوكب إلى أن تمكن رائد الفضاء من تصويرها.

في ذات الوقت الذي تمت فيه رحلة أبوللو، وربما بالصدفة، بدأت أعداد كبيرة من الناس يكتشفون مدى تأثير الإنسان على العالم - الاكتشاف البيئي.

بدأ هذا الاكتشاف بالفعل في أواخر القرن التاسع عشر. كان العلامة الأمريكي جورج بيركنز مارش هو عَرّاب الإدراك البيئي المعاصر. في كتابه الهائل الصادر عام ١٨٦٤ تحت عنوان "الانسان والطبيعة، أو، الجغرافيا الفيزيقية كما يحورها الفعل البشري"، في هذا الكتاب لخص مارش معظم ما كان يُعرف أيامه عن كيفية تحول العالم بسبب الأنشطة البشرية العادية مثل الزراعة والتحطيب، وإشعال النار، وتحويل المجاري المائية، وتربية الحيوان ونقله. لم يظهر قبل مارش مَنْ جمع هذه الأجزاء سويا، لم يسبقه من بيَّن في قوة كيف يغير البشر (ويدمرون) العالم من حولهم. ولقد كان أثر كتابه هائلا. كان مارش هو الوحي بالنسبة للحركة الصيانية المبكرة - حركة جون موير وتيدي روزفلت، أسلاف البيئية المعاصرة - التي ازدهرت بالولايات المتحدة وأوروبا في بدايات العقد الأول من هذا القرن. لقد فعل لخرطنة العالم الذي نحيا به قدر ما فعل داروين أو مندل أو واطسون وكريك.

توارت رسالة مارش، مثلما توارت قبلها رسالة أرهينيوس في السويد، في عالم النسيان حتى منتصف القرن العشرين. ثم بدأت الحياة تدب فيها في العقود الأخيرة. يصعب أن نعرف الأسباب المضبوطة لتقلبات القضايا والأفكار، لكن المؤكد أن لتغيرات تكنولوجيا المعلومات دخلا كبيرا في ذلك. تجمعت بيانات أكثر عن الآثار البيئية، وذاعت القضية. أؤرخ دخولي في الحركة بصيف ١٩٦٤، عندما استمعت إلى جايلورد نيلسون، سيناتور ويسكونسن، وهو يلقي خطابا مدهشا عن تلوث الهواء والماء. كان لفصاحة السيناتور عليّ الأثر الذي كان يرمي إليه بالضبط. فما أن عدت إلى بلدتي حتى التحقت بنادي سيرًا - إحدى المنظمات البيئية القليلة نسبيا في ذلك الوقت - وبدأت أكتب المقالات وأنظم اللقاءات وأقود الرحلات إلى البرية.

وبعد بضعة أعوام نشرت كتابا عنوانه "السياسة والبيئة"، أحد الكتب الجامعية الأولى في القضايا البيئية. في ذلك الوقت تقريبا، وبين لهيب الدعايات الإعلامية الكرضية، جاء "يوم الأرض" الأول، وجاء جيشانٌ من النشاط البيئي الذي لا يزال مستمرا حتى الآن. لقد راقبتُ إذن الحركة البيئية من داخلها ثلاثين عاما ونيف، وأصبح واضحا لدي تماما أن الحركة تدخل الآن إلى تحول جوهري – على الرغم من أنها لا تزال قوية – تتغير وتتقسم مثل نظام معقد قادر على التكيف، وأنها تحتاج لا تزال إلى أن تمضي في تحولها أبعد وأبعد.

لاحظتُ في السبعينات والثمانينات أن البيئة لم تعد مجرد خلاصة لهموم الموارد والتلوث والفضاء المفتوح، إنما أصبحت شيئا أكثر من ذلك – رفضاً لفكرة التقدم، رفضاً لنَسَق الحضارة الغربية بأكمله. نشأت فرق جديدة من المُتَمَذْهبين الخُضْر، يقولون لنا إن تاريخنا كله ليس سوى سلسلةٍ من الأخطاء، مهمةٍ متهورة في الاتجاه الخاطيء يلزم أن يعكسها تَصَرُّفٌ للإرادة البشرية جديد جبار ثوري. عَبَّر توماس بيري عن وجهة النظر هذه، في أسلوب معقول نسبيا، بقوله:

إذا كانت الاقتصادياتُ الصناعية (التي تكاد أن تهلكنا) في حقيقتها هي خبرة ثورية هائلة للأرض ولمجتمع الأحياء برمته، فإن إنهاء هذا الدمار الصناعي واتخاذ أسلوب حياة أكثر استدامة لابد أن يكونا على نفس المستوى من الضخامة .

يمكن أن نَصِفَ العصر الصناعي ذاته، كما عرفناه، بأنه مرحلةُ ذهول تكنولوجي، حالةٌ من الشعور المحوَّر، تثبيتٌ ذهني يمكن به وحده أن نفسر كيف وصل بنا الحال إلى أن نخرب هواءنا وماءنا وتربتنا، وأن ندمر في قسوة كلَّ نُظُم حياتنا الأساسية تحت وهم أنَّ هذا "تقدم" .

أما وقد أوشكت هذه الغيبوبة على الزوال، فإن أمامنا مهمةَ أن نقيم أسلوبا للحياة بين الجماعات البيولوجية المعقدة الموجودة على الأرض.

تحمل هذه العبارة فكرتين رئيسيتين من الأفكار البيئية: نقداً للمجتمع الصناعي ، وحلما بحضارة بشرية مختلفة جذريا ، قادرة على أن تكيف نفسها بسهولة دون تطفلٍ داخل النظام الكرضي قبل البشري للنظم الإيكولوجية. وكلا المفهومين ثمين. لكن تَبَيَّن أنهما كليهما خلافيان ومثيران للجدل.

قاد الجزء الأول – نقد العصر الصناعي – إلى شيء من إعادة التفكير المثمرة وإعادة الهندسة، لكنه قَسَّم البيئيين، الذين لم يتفقوا تماما على أن الحضارة الصناعية حضارة مَرَضية غير قابلة للشفاء. ولقد تسبب أيضا في نقدٍ مضاد للبيئية ورد فعل معادٍ.

أما الجزء الثاني – نشدان طريق "للعيش برفق على الكوكب"، كما يقول الشعار الشعبي – فقد قاد جناحاً من الحركة البيئية إلى عالم موهوم من التفلسف المشوش، قد لا يعود منه أبداً.

ولقد كانت المجتمعات الصناعية بالفعل مخربة للبيئة، أيا كانت إنجازاتها الإيجابية – المخلفات تصب في المياه، السناج يتصاعد من مداخن المصانع، التحطيم اللامبالي لمواطن الكائنات الحية، الهدر الهائل للطاقة والموارد. أما القضية الكبرى فهي ما إذا كانت مثل هذه المجتمعات نُظُما قادرة على التكيف يمكنها أن تتعلم وتتغير – وتنظف من خلفها – وما إذا كان سبيل الابداع التكنولوجي والنمو الاقتصادي لا يتجه نحو تطوير صور من الصناعة والزراعة أفضل وأنظف. كثيرا ما نجد البيئيين منقسمين بعنف حول مثل هذه الأمور، منقسمين لحد لم تَعُدْ معه البيئية حقا حركة واحدة – إن كانت كذلك بالفعل يوماً. تنطبق هذه الدلالة بنفس القدر ونفس اللامبالاة على كبار رجال الدَّهْلَزَة المحترفين وعلى النشطاء من الفلاحين أصحاب مبدأ "إنما ليس في فنائي الخلفي" – جماعات متباينة تماما، والخلافات بينها دائمة.وهي

تنطبق أيضا على المتفائلين والمتشائمين، المتطرفين والمحافظين، صائدي الحيوانات والمدافعين عن حقوق الحيوان، وتنطبق كذلك على الممثلين السينمائيين، والمفكرين، ومحبي الطبيعة، والفوضويين، وكارهي البشر، ومخربي البيئة، والداعين لحقوق المرأة البيئيين، والسيكولوجيين البيئيين، والروحانيين البيئيين – إذا أضفنا بضعة من بين ظلال اللون الأخضر العديدة. يجب ألا ننسى هذا، وأن نتجنب أن ننظرإلى هذا الانهمار الهائل من الأفكار والأفعال على أنه حركة مفردة ذات كيان واحد تجري في اتجاه واحد، لا ينطبق دائما النقد الموجَّه إلى ظل واحد على الظلال جميعا.

ولقد كان النقد هناك دائما، ويبدو أنه يأتي الآن في قوة تتزايد. معارضة الحركة البيئية مؤكداً ليست أمراً جديداً. فمنذ أن عادت هذه الحركة إلى الظهور نحو عام ١٩٧٠، كان الكثيرون – ومنهم محافظون سياسيون، ورجال صناعة، وتنمويون، وقادة عمال، وأصحاب أراض، وفلاحون – كانوا يعارضون أو يمقتون النشطاء الجدد وحديثهم عن النمو الاقتصادي البطيء والقوانين الجديدة والتخطيط المركزي لاستغلال الأرض. ولقد ظهرت مؤخرا كتابات نقدية جديدة مختلفة – مثل كتاب جريج إيستربروك "لحظة فوق الأرض" الذي نُشر عام ١٩٩٥ – صدرت عن أناس لا يضمرون في حقيقة الأمر العداءَ لأهداف الحركة وقيمها. نعم، أنا أعرف عددا من البيئيين ممن يعتقدون أنك مع أصدقاء مثل إيستربروك لا تحتاج حقا إلى أعداء – لكن، كان هناك سبب لأن يصدر هذا الكتاب في هذا الوقت، ولأن يؤخذ مأخذ الجد. لقد نَقَدت الحركة البيئية الحضارة الصناعية. ولقد حان الوقت لنقد النقد.

كانت قضية إيستربروك هي أن المجتمعات الصناعية المتقدمة قد أثبتت أنها قادرة تماما على الاستجابة للمشاكل البيئية، أو كما يقول المثل: على أن تنظف "ما فعلته". نقتبس هنا بضعة من حججه الرئيسية:

إن البيئة في الدول الغربية أخذت تغدو أنظف في ذات الفترة التي أفهم فيها الجمهور أنها تزداد تلوثا.

إن دول العالم الصناعية، التي تعتبر السبب في البلاء، هي بمعظم المقاييس أنظف من الدول النامية.

أنه يكاد يكون من المؤكد أننا نستطيع أن نتجنب معظم الكوارث التي نخشاها، مثل انفلات تلفة جو الأرض.

أن كل الاتجاهات التقنية، تقريبا، تنحو إلى آلات جديدة وأساليب إنتاج جديدة أكثر كفاءة، تستخدم موارد أقل، وتنتج نفايات أقل، وتسبب تلفا إيكولوجيا أقل، مقارنة بتكنولوجيا الماضي.

اقترح إيستربورك ظلا جديداً من البيئية، أسماه الواقعية الإيكولوجية، واختتم كتابه بـ "بيان الواقعيِّ الإيكولوجيِّ". من بين مقترحاته أن الحركة البيئية لا يمكن تقوى إلا "بالتحرر التدريجي من المغالاة"، وبتطوير قدرة أكبر على النقد الذاتي. من المشوق حقا أن نرى إن كان هذا سيحدث، وما إذا كانت الحركة – أو جزء جوهري منها على الأقل – قادرة على الدخول في ارتباطات أكثر نضجا بمجتمع البيومعلومات، أو ربما على اتخاذ دور قيادي فيه. لو أنها فعلت ذلك، فسيكون على جثة الخُضْر الدُّكْن (المتطرفين) – البيولوجيين أنصار الإقليمية البيولوجية، وأنصار الإيكولوجيا الغويطة، وأصوات للطبيعة أخري كانت فعالة وواضحة في تحديد فلسفة البيئية.

الجانب الآخر من الوجه الحسن

وحركة الخُضر الدُّكْن ليست هي الأخرى بالضبط حركة واحدة – فيها العديد من الخلافات والشقاقات – لكنَّ لها برغم هذه الخلافات الداخلية درجةً عالية من الترابط. ولقد اتخذت صورة حركة سياسية في أحزاب الخضر

المختلفة، وصورة حركة روحانية أو لاهوتية داخل الأديان وخارجها (أعلن أسقف كانتربيري منذ سنوات أن "الرب أخضر")، وصورة حركة فلسفية في مدرسة الإيكولوجيا الغويطة وغيرها من المدارس الفكرية، وأعتقد أن أقرب وصف دقيق لها هو أنها ثقافة ثانوية، لها مستودعاتها، ومجلاتها، وكتبها التي لا تحصى، وأسلوبها في الملابس، ومؤتمراتها على شبكة الإنترنت، ومنظماتها وظلالها الإيكولوجية. وإيدولوجيتها في معظمها هي ما قد نسميه: الصورة العنيفة من نقد العصر الصناعي وقد صُعِّد إلى اتهام كلّ الحضارة البشرية والتقدم بأنها ليست سوى هجوم قاتل مستمر على الطبيعة الرقيقة. يقول أحد نشطاء حركة "الأرض" أولاً" ": "لقد استمرت أعنف الحروب في تاريخ البشرية وأوسعها ما يزيد على خمسة آلاف عام. وهذه الحرب بالطبع هي الحرب ضد الأرض". وحركة الخضر الدُّكْن ملتزمة تماما بمهمة البحث عن طريقة لسكنى الأرض لا تؤثر عليها تأثيرا جوهريا، ويميل منظّروها إلى تزكية انسحاب كرضي إلى عالم وهمي من خيالات مفكر مديني عن الحياة البسيطة. دعني أذكر باختصار بعض المفاهيم الرئيسية.

الإقليمية البيولوجية تقول المقدمة المنطقية للإقليمية البيولوجية إن العالم بطبيعته مقسم إلى أقاليم بيولوجية، وأن على البشر أن يحيوا داخلها – ويستحسن أن يكون ذلك في الريف أو المدن الصغيرة، ليمارسوا الزراعة، ويقللوا من الصناعة والتجارة، على ألاّ يسافروا خارج إقليمهم البيولوجي إلا للضرورة، وأن يتعرفوا على الفلورا والفونا المحلية. وهذه رؤيا مغرية، رؤيا أسرت قلوب الرومانسيين في أزمان كثيرة وأماكن، لكن عيوبها تبدو واضحة إذا قرأت عن مبادئها في مثل بيان البيوإقليميين "القاطنون الأرض" الذي كتبه كيركباتريك سيل عام ١٩٨٥. من بين نقاط الضعف ذلك القبول غير النقدي لفكرة أنه لو بقي الناس في أقاليمهم البيولوجية لانثالت الحكمة منهم طبيعيا ولأصبح كل شيء على ما يرام:

إن الناس – إذ ثبتنا كل شيء آخر – لا يلوثون ولا يفسدون تلك النظم الطبيعية التي يعتمدون عليها في الحياة والرزق إذا هم رأوا ما يحدث رؤية مباشرة، لا ولا هم سيستنفدون طوعاً موردا تحت أقدامهم وأمام أعينهم إذا شعروا أنه ثمين، مطلوب، حيوي؛ ولن يقضوا أبدا على الأنواع يرون أهميتها لسلاسة عمل النظام الإيكولوجي. إذا ما نظروا بعيني جايا، وأحسوا إحساس جايا – وهو ما يستطيعونه على مستوى أقليمهم البيولوجي – فلن تكون هناك ضرورة لأن ينزعجوا من اختفاء "الاستجابات الأخلاقية" للعالم من حولهم .

وهذه العقيدة – بأن الحياة قرب الأرض تؤدي حتما إلى الحكمة الإيكولوجية – عقيدة يرعاها مفكرو المدينة الذين يعطون المنظمات البيئية معظم حقوقها، هذا على الرغم من أن الآثاريين والمؤرخين قد جمعوا تلولاً من الشواهد على أن الناس كثيرا ما أفسدوا ذات النظم البيئية التي عاشوا بها لفترة طويلة. ثم هناك أيضا القضية المحرجة: ميل أهل الريف إلى أن يكرهوا البيئيين. وأنا شخصيا لا أجد خطأ في البقاء بمكان واحد ومعرفته جيدا، لكننا نستطيع أن نقدم الحجج المقنعة على أن ما نحتاجه الآن هو وعي إيكولوجي أكثر عالمية، وفهم قوي متطور للمناطق الأخرى وللعالم كله.

ونقطة الضعف الأخرى تتعلق بكيفية تحقيق المجتمع البيوإقليمي. والإجابة التي يقدمها سيل هي أن علينا أولاً أن نقوض المدن الكبرى، وأن نقيم الكثير من المدن الصغيرة، كلٌ محاطة بحزام أخضر، ثم أن نرحِّل الجميع، إما إلى واحدة من هذه المدن الصغيرة أو إلى الريف. "وإعادة التوطين هذه ليست صعبة كما قد تتصور إذا أجريت عبر بضعة عقود وتمت بالاحترام الواجب للنظم الطبيعية". وعيوب هذه الرؤيا عديدة لكن أهمها في رأيي هو تجاهلها موضوع السلطة – نعني ماذا نفعل إزاء مواطنين ذوي تفكير خاطيء يرفضون أن يُشحَنوا إلى المناطق البيولوجية التي فروا منها وهاجروا إلى المدن. تمثل

مشكلة السلطة صدعاً شائعا في تفكير الخضر الدُّكْن، ولقد أصبحت أكثر وضوحاً في كتابات الإيكولوجيا الغويطة.

والإيكولوجيا الغويطة حركة أنشأها آرني نيس، ذلك الفيلسوف النرويجي الذي قابلتُه مرة في بيركلي، بعيدا بعض الشيء عن إقليمه البيولوجي، أثناء تجواله يشرح أفكاره. قال لي إنه يعتقد أنه لا يجب أن يكون بالعالم أكثر من مائة مليون شخص لا تزيد، حتى يمكن لبقية الكائنات الحية أن تستعيد ازدهارها. لابد أن أعترف بأنني لم أجد هذا مُنَفِّراً طالما كنتُ بين هذه الملايين المائة، لكني تساءلت عن الطريقة التي يقترحها لتنفيذ ذلك. لم يكن في الحق مستعداً لمناقشة القضية - لا ولا كان، على ما رأيت، مهتما بها. لاحظت فيما بعد أن تنظيم الأسرة، في أدبيات الإيكولوجيا الغويطة، أمر مرفوض على أنه "إيكولوجيا ضحلة".

ثم كان أن اعتنق "الإيكولوجيا الغويطة" اثنان من أساتذة جامعة كاليفورنيا - هما جورج سيسيونز و بيل ديفال - فكتبا وحاضرا عن الموضوع وأضافا الكثير لإعلاء شأنها كفكرة رئيسية من أفكار الخضر الدكن. ربما لا أوفي الإيكولوجيا الغويطة حقها إذا قمت بتلخيص أهم ما بها، لأني أعتقد أنها ليست إيكولوجيا وليست غويطة. فباديء ذي بدء يأتي رفضها لمركزية الانسان، رفضها أن تعتبر أن الانسان هو الغرض الأسمى لهذا الكون. لا يجوز أن يقع العالم تحت سيطرة الجنس البشري وحاجاته وخططه، إنما العالم مكان ليحيا فيه البشر في تواضع بين كل الأنواع الأخرى، لا هو أفضل ولا سلطة له أكثر. والنتيجة المنطقية لهذا هي فلسفة "لا تفعل" لكل القضايا البيئية. قدم سيسيونز وديفال مثالاً يتعلق بسياسة السماح لمربي الماشية برعي حيواناتهم في الأراضي الفيدرالية. كتبا "إنَّ حلاً (لا تفعل) بسيطاً يعني أن يوقف كل الدعم الفيدرالي، وأن يقيِّد استخدام الأراضي العامة في الرعي بالحد المطلوب لاستعادة المراعي وضعها الطبيعي، كما قدره الإيكولوجيون المحترفون".

وهذا يبدو معقولاً تماما، لكن لابد أن نلفت النظر إلى أننا هنا إزاء إعمال للسُّلطة مرتين. الأولى هي تقييد الاستخدام. لابد أن يفرض بعضهم هذه السياسة، لأن الأغلب ألا يمتثل طوعاً مَنْ يعيشون بالإقليم البيولوجي المَعْنِيّ. والواقع أنه بالنظر إلى ما نعرفه من شعور حايا نحو مربي الماشية، فإن التنفيذ قد يتطلب اللجوء إلى البندقية. أما الثانية فهي أقل وضوحا إن تكن في الواقع أكثر أهمية، وهي القدرة على الحكم دون معلومات. سيقرر "الإيكولوجيون المحترفون" مقدار الرعي الملائم لاستعادة المراعي وضعها الطبيعي. حسنا – لكن، أي إيكولوجيين محترفين؟ من سيحكّم بين الآراء المتضاربة التي ستظهر مؤكدا؟ مَنْ يقرر مَنْ يقرر؟ سيصبح اللافعل بلا شك – وأخشى أن أقول: دون أن يلحظ رجال الإيكولوجيا الغويطة – سيصبح نوعاً آخر من الفعل. ولقد يسفر الأمر في هذه الحالة بالذات عن إدارة جيدة للمرعى، لكنها لن تكون بسيطة ولا سلبية.

للخضر الدُّكْن الكثير من الجماعات الثانوية، والبعض من هذه أكثر رغبة في ممارسة السلطة، بل وحتى العنف – طالما كان ذلك ضد الناس ودفاعاً عن الطبيعة. يدافع البعض عن التخريب ويمارسونه: بأن يقوموا ليلا مثلاً بدق مسامير كبيرة في الأشجار لتفسد مناشير قطع الغابات. ثمة كتاب للمرحوم إدوارد آبي عنوانه "جماعة المفتاح الانجليزي"، عن مخربي البيئة، يعتبر شيئا كالإنجيل في هذه الدوائر. (وأصحاب المفتاح الانجليزي مصطلح شائع يعني من يقومون بالهجوم المباشر على من يفسد البيئة). هناك أيضا نوع من العنف في الفكر واللغة، كتلك المقالة التي ظهرت بمجلة "الأرض أولاً" التي رحبت بمرض الإيدز كترياق للانفجار السكاني.

وعلى الرغم من أن معظم بيئيي الاتجاه السائد يرفضون **الأرض أولا!** والتخريب البيئي، فليس ثمة من شك في أن الفكر الأخضر الداكن كان له أثر جوهري على الحركة ككل. يمكن أن نلحظ ذلك في رغبة بعض كبريات المنظمات البيئية في أن تحذو حذو جيريمي ريفكين في حملته لإغراق

البيوتكنولوجيا في بحر من التفكير الصبياني السخيف، وفي حملتها العنيفة ضد اتفاقية التجارة الحرة لشمال أمريكا وغيرها من أمثال هذه الترتيبات الدولية (اللاّبيوإقليمية)، وفي برامج أحزاب الخضر الأوروبية التي تعلن ولاءها لأفكار الاقليمية البيولوجية والإيكولوجيا الغويطة. يعمل الخضر الدكن كقادوس إيديولوجي حول رقبة الحركة البيئية.

أما أثرها الأوسع فهو أقل وقعا، وهو أصعب في القياس. في كتاب نقدي آخر للبيئية يناصرُها (كتاب: أوهام بيئية) توصل الجغرافي مارتن لويس إلى أنه "على الرغم من أن الرؤى المتطرفة قد تمكنت من السيطرة على الكثير من الدوائر البيئية، إلا أن أثرها على الجمهور بوجه عام كان ضئيلا جدا". ولقد يكون هذا صحيحاً لكنني مع ذلك أرى أن علينا أن نأخذ رؤية الخضر الدكن مأخذ الجد لأسباب عديدة - لأنها عامل مؤثر دائم في واحدة من أهم الحركات السياسية في عصرنا هذا؛ لأنهاتُسَهِّل على معارضي الحماية البيئية المسئولة أن يرفضوا كل البيئيين علىأنهم "مهاويس بيئة"؛ ولأنها فشلت تماما في أن تعالج بأية وسيلةواقعية التحديات التي يواجهها الجنس البشري الآن. فلأنها حولت التكنولوجيا إلى شيطان، فقد غدت غير قادرة على مساعدتنا في فهم الحياة في عالم التكنولوجيا الرفيعة والمعلومات، وباتخاذها المحافظة على التوازن قيمة مقدسة للإيكولوجيات، فقد أخرجت نفسها من السياق فيما يتعلق بتفهم التغير السريع.

الإيكولوجيَّان

هناك فجوة واسعة - تتنامى - بين الأفكار الإيكولوجية التي تنفخ الحياة في البيئية الراديكالية وبين الأفكار الإيكولوجية لمعظم الإيكولوجيين المحترفين. ولقد ظهر نموذج جديد في علم الإيكولوجيا: تحول عن الاعتقاد بأن الحركة العادية للطبيعة هي التوازن. قدم هذه الرؤية الجديدة - تغذيها نظرية الشواش وتساندها الشواهد المتجمعة عن كيفية التنافس بين النظم الإيكولوجية

وتعايشها – قدمها علماء من أمثال دانييل بوتكين بجامعة كاليفورنيا في سانت باربره، وهي صورة تختلف تماما عن الصورة الأكثر رومانسية للإيكولوجيا التي لا تزال تتعلق بفكرة أن النظم الإيكولوجية في حالة توافق وثبات حتى أن يقلقها فعل بشري.

أشار بوتكين إلى أن هذا الضرب الأخير من النظريات الإيكولوجية قد عمل كمتنٍ تحتى للكتابات البيئية منذ أيام جورج بيركنز مارش. كتب مارش يقول: "في المناطق من العالم التي لم يطأها بشر، سنجد أن نسبة الأرض إلى الماء ومواقع كل منهما، وأن الترسيب الجوي والبخر، ومتوسط درجات الحرارة، وتوزيع الحياة النباتية والحيوانية، أن كل هذه تخضع للتغير فقط تحت تأثيرات جيولوجية بطيئة الفعل لدرجة يمكن معها أن نعتبر الظروف الجغرافية ثابتة لا تتغير".

وهذه الصورة عن الطبيعة الثابتة تجري عميقا في الكثير من التفكير البيئي: نجدها في جدول أعمال الإقليمية البيولوجية إذ ترى أن يستقر كل شخص ويحيا في سلام داخل دورات الطبيعة السرمدية، نجدها في ازدراء الخضر الدُّكن للتقدم والتغير، نجدها في نظريات مثل "نظرية ثبات حال الاقتصاد" لهيرمان دالي – الاقتصاديّ الأثير لدى الحركة البيئية – التي تُقَدَّم كطريقة تفكير أكثر "طبيعية". لكن هذه الفكرة نفسها عن الطبيعة – كما كتب بوتكين – هي على خلاف مع أحدث الدراسات عن الطريقة الفعلية لعمل النظم الايكولوجية :

يعرف العلماء الآن أن هذه الرؤية خاطئة على المستوى المحلي والإقليمي – سواء بالنسبة للنسر الفَحَّاح وطائر الكُركي الشَّهَّاق، أو بالنسبة للمزرعة وأرض الغابة – نعني، على مستوى العشائر والنظم البيئية. يبدو التغير الآن جوهريا وطبيعيا في المحيط الحيوي على مستويات عدة من الزمان والمكان. تتغير الطبيعة تغيرا أساسيا على كل المقاييس الزمنية. وهذه التغيرات – في

بعض الحالات على الأقل – ضرورية لاستمرار الحياة. لأن الحياة متكيفة لها وتعتمد عليها.

لدينا الآن إذن إيكولوجيتان: إيكولوجيا إيديولوجية تعادل الطبيعة بالثبات، وإيكولوجيا علمية تعادلها بالتغير. ويتزايد الفرق بينهما مع انشغال الناس بالصور النشطة من البيئة، مثل التجديد الإيكولوجي.

قعقعة التجديد

من زمن ليس بالبعيد كان عددٌ من عشاق المشي من نادي سييرًا يقومون برحلة على الأقدام خلال تلال جنوبي إلينوى عندما التقوا مصادفة بطاقم من الرجال يحرقون غابة ويزيلونها. طلب المشّاءون، وكلهم من خيرة الصيانيين، أن يعرفوا ما يجري، اكتشفوا أن حارقي الأشجار هم الآخرين من خيرة الصياتيين، إنما من طراز آخر. كانوا يقومون بتجديد بيئي – يصنعون نسخة مطابقة من المساحات الشبيهة بالسافانا الخالية من الأشجار المسماة "بالقاحلات"، التي كانت شائعة ذات يوم بتلك المنطقة قبل أن يبدأ المستوطنون في إطفاء الحرائق الطبيعية واصطياد قطعان الجاموس والتياتل والأيائل التي تسببت تغذيتها ودوسها في ألاّ تصبح المنطقة غابة.

لقد ضل المشاءون طريقهم وولجوا مجتمع البيومعلومات – دون أن يعرفوا. ولجوا أعمالاً إيكولوجية تأتي.

والتجديد الإيكولوجي فن جديد نسبيا وعلم، ينمو بسرعة. يُقيم المجدِّدون نظما إيكولوجية "طبيعية" – مستنقعات وغابات وصحاري ومجاري مائية في صورةٍ تقارب الصورة التي كانت عليها منذ فترة من الزمن قبل أن تدمرها أنشطة الإنسان. وهذه النظم الإيكولوجية المجدَّدة، والتي يمكنك أن تجدها في الكثير من مناطق العالم، ليست بالضبط نفس النظم التي كانت منذ عقود أو قرون مضت – لقد انقرضت بعض الأنواع، ولا زال بها بعض الكائنات

المُستَحْلبة العنيدة التي لا يمكن تجنبها - لكنها إلى الحالة البدائية الأصلية أقرب كثيرا مما قد تجد لو أنك سَوَّرْت منطقة وتركتها لحالها.

وأقدم النظم الإيكولوجية المجدَّدة في العالم هي براري كيرتيس في ويسكونسين، حيث بدأ العمل فيها عام ١٩٣٤ تحت اشراف الإيكولوجي آلدو ليوبولد. شرع الإيكولوجيون في تخليق نموذج من براري الأعشاب الطويلة التي كانت يوماً تحتل ملايين الأفدنة من الأراضي بقلب أمريكا. تولوا أمر حقل ذرة مهجور، وبذلوا الجهد ليعيدوه طبيعيا ثانية. جلبوا إليه أطنانا من تربة البراري، وزرعوا آلاف البذور والشتلات من النباتات المحلية. ومع الوقت، وتحت إشرافهم الزراعي، تحول حقل الذرة المهجور امتداداً مذهلاً من أعشاب متماوجة طولها ستة أقدام وأزهارٍ برية زاهية.

ثم بدأ غير هؤلاء من المجددين ينشئون براري أكثر مسترشدين بالدروس المستفادة من هذا المشروع الرائد. من بين أكثر هذه البراري إثارة للعجب واحدةٌ تحتل ٦٥٠ فدانا في وسط طوق مُعَجِّل البروتونات بمعمل فيرمي بإلينوي. كان هذا المشروع هو الأول في أمرين: الأول في استخدام الآلات الزراعية الثقيلة - نفس الآلات التي يستخدمها الناس في تدمير الإيكولوجيا المحلية، والأول في محاول تجديد الأنواع البرية مع المَوَاطن في نفس الوقت. فبجانب الأعشاب الطويلة والأزهار، أُدخلت أيضا إلى البراري الجديدة عشائر من حشرات وسناجب وأوز بَوَّاق وكُركي الرمل.

يمكنك الآن أن تجد مشاريع التجديد فيما تشاء من النظم الإيكولوجية: الغابات والصحاري، وشواطيء البحر والجبال. ولقد مشيت طويلاً في تلال مقاطعة مارين على مقربة من سان فرانسيسكو، حيث يقوم المتطوعون من أهل المنطقة بإعادة بناء منحدرات التلول المتآكلة، وإعادة بناء الجداول حتى ترجع أسماك السالمون.

ومع نمو حركة التجديد الإيكولوجي، نجدها تجمِّع حصيلتها الخاصة من المهارات والبيانات – نوع آخر من البيومعلومات – كما تسهم أيضا في إثارة أسئلة جوهرية ومقلقة في نفس الوقت، عمَّاذا بالضبط يجب على البيئيين أن يفعلوه (أو ألاَّ يفعلوه) نحو البيئة.

منذ بضع سنين حضرتُ مؤتمراً عنوانه "تجديد الأرض" – أول تجمع دولي رئيسي لرجال التجديد المحترفين. وصلوا جميعا ليتعارفوا – شأن المحترفين من كل مجال – ويتشابكوا ويتبادلوا المعلومات. كان ثمة ندوات عن التقنيات وسِيَر، وكان ثمة خطابات رئيسية ألقاها بيئيون عالميون من أمثال دافيد بروِوَر وستيوارت أودال.

كانت على العموم لَمَّةً مرحة مبتهجة، أحياها شعور عَمَّ المشتركين جميعا بأنهم من حزب الملائكة. لكنك كنت تسمع هنا وهناك كلمة مثبطة، نغمة تشي بالقلق من أن التجديد قد لا يكون حقا في خدمة البيئة. التجديد يجري في كل مكان يفعل عامداً شيئا ما عدوانيا. هو إذن على عكس إيديولوجيا "اللا تفعل"، وما تفترض من أن معنى أن تكون بيئيا هو أن تترك كل شيء في حاله، و/ أو أن تحاول أن تغري الناس بالتصرف مثلك. تخوف البعض من أنه لو مضت حكاية التجديد إلى أبعد من هذا، فلن تفعل أكثر من أن تعطي للناس رخصة بأن يحطموا ويلوثوا، طالما كان هناك المجددون يأتون من بعدهم ويصلحون كل شيء. إننا نسمع هذه الهموم الآن بصورة مطردة، هي موضوع دائم مُعَنّى يجثم في عالم البيئيين.

بل إن المشكلة تمضي أعمق من تلك التي طفت على السطح في ذلك الاجتماع، لأن الإيكولوجيا الجديدة، والبيومعلومات التي تُعلِمُها، تثير التساؤل عن المرحلة في تاريخ النظام البيئي التي يلزم أن تحَدَّد. والإجابة بسيطة عند معظمنا – وأخشى أن أقول وعند عدد ممن يقومون الآن بالتجديد

ويروجون له. كل ما في الأمر أنك تجدد الطبيعة. أن تجعلها مثلما كانت. لكن تأمل أفكار بوتكين عن البرية على طول التخوم بين مينيسوتا وأونتاريو:

أيل الشمال يتسكع هنا... والناس تأتي هنا في كل صيف يجدفون في الزوارق ويمشون ويكتشفون البرية. لكن، ماذا يلتمس الناس في هذه البرية؟ يقدم تاريخ النباتات مفتاحا لحل اللغز. لقد أعيد بناء هذا التاريخ باستخدام الأنواع الثلاثة من الشواهد: التاريخ المكتوب، الغابات الموجودة، الترسيبات بالبحيرة. تشير الرواسب من حبوب اللقاح في بحيرة السُّحُب داخل هذه المنطقة أن التثلج الأخير قد أعقبته مرحلة تندرا غُطِّيت فيها الأرض بالشجيرات القصيرة، التي تميز الآن أقصى الشمال، بجانب أشنة الرنة وغيرها من الحزازيات والنباتات الدنيا.

استُبدلت بالتندرا غابة من التنوب الفضي، وهذا نوع نجده الآن بالغابات الشمالية حيث يسود مناطق كثيرة من الاسكا وأونتاريو. ومنذ نحو ٩٢٠٠ سنة استُبدلت بغابة التنوب غابة من الصنوبر الأمريكي والصنوبر الأحمر، وهذه أشجار تميز المناطق الأدفأ والأكثر جفافا. ثم هاجرت إلى هذه الغابة أشجار البتولا والحور الرومي منذ نحو ٨٣٠٠ سنة، ووصلت شجرة الصنوبر الأبيض منذ نحو ٧٠٠٠ سنة. ثم عادت ثانية أشجار التنوب الفضي والصنوبر الأمريكي والصنوبر الأبيض، الأمر الذي يعني ازدياد البرودة. ويعني هذا أن تغيراً جوهريا في نباتات الغابة كان يحدث كل ألف عام، تغيراً يَعْكِس جزئيا تغيرات في المناخ مثلما يعكس عودة بطيئة لأنواع كانت قد دُفِعت إلى الجنوب أثناء العصر الجليدي.

أي من هذه النباتات يمثل الحالة الطبيعية؟ إذا كان الهدف هو أن نعيد هذه المنطقة إلى حالتها الطبيعية، فأيا من هذه الغابات سنختار؟ كلٌّ منها يبدو طبيعيا بنفس القدر، نعني أن كلا منها قد ساد الصورة نحو ألف عام، وكلٌّ قد شغل المنطقة في زمن لم يكن للبشر فيه أثر أو يكاد.

فإذا ذكّرت نفسك بأنه ليس ثمة من تجديد يبلغ درجة الكمال في محاكاة نظام إيكولوجي كان موجودا في زمن مضى، فإن هذه النقطة الأساسية من الحكمة الإيكولوجية تضع مشروع التجديد الإيكولوجي بأكمله في ضوء جديد. ربما كان من الواجب حتى ألاّ نسميه تجديدا إيكولوجياً، ربما كان من الواجب أن نسميه البناء الإيكولوجي أو حتى الفن الإيكولوجي. أو ربما كان من الواجب أن نسمي المناطق المحدَّدة "حدائق الفكرة الإيكولوجية". أو، ما رأيك في: الطبيعة المُتخيَّلة؟

والهدف من هذه الملاحظات ليس إلا إثارة التأملات النقدية حول معنى التجديد – تأملات قد تكون بعضا من إيكولوجيا غويطة أصيلة. وأنا بالتأكيد لا أريد أن أحط من قدر التجديد ذاته، لأنه سيكون – أيا كان اسمه – جزءاً غاية في الأهمية من الطريقة التي ستتعامل بها مع المحيط الحيوي في السنين القادمة.

التفكير على المستوى الكبير

في أواخر الثمانينات وَقّعَتْ موسسة لمهندسي المناظر في سان فرانسيسكو عقدا مثيراً: تجميل الكويت. كانت هذه أول مرة في التاريخ يُستأجر فيها محترفون لإعادة تشكيل بنية دولة بأكملها. أُوقف المشروع فيما بعد عندما قامت جيوش صدام حسين بغزوالكويت، وأخضعته لأفكارها الأكثر بدائية عن التحويل البيئي. ولقد بدأت الحياة تدب في المشروع الآن، وبدأ الناس يقترحون مشاريع أخرى على نفس المقياس الكبير. لا تغطي معظم مشاريع التجديد في الوقت الحالي إلا بضع مئات من الأفدنة على الأكثر، لكن سيغدو ممكنا في القريب أن نفكر في تجديدات إيكولوجية على مقياس – قُل مثلا – كوبا. وكوبا دولة تحطمت معظم غاباتها، دولة كُرِّست أراضيها تاريخيا لمحصول تصديري واحد – هو السكر – يصعب أن يتمكن من منافسة المُحَليات الاصطناعية التي تُطَوَّر الآن. ومن المحتمل أن تلعب التقنيات الجديدة

للزراعة الغاباتية دوراً في الكثير من مثل هذه المشاريع – الزراعة التي تجمع بين صيانة الغابة وبين ضروب مختلفة من الانتاجية التجارية.

تبدو مثل هذه المشاريع الآن مهيبة – في مثل الجسارة والنبوغ اللذين بدت بها فكرة الإصلاح الاقتصادي الكبير بعد الحرب العالمية الثانية، حتى بث مشروع مارشال الحياة بنجاح في الاقتصاديات المهترئة لأوروبا. لكنها ستصبح ملمحاً مألوفاً من ملامح مجتمع البيومعلومات. لن يحل التجديد محل حماية البرية بأكثر مما حلت المعلومات محل الصناعة في اقتصاديات ما بعد التصنيع. إنه يغير الصورة لا أكثر، ويوسع الإمكانيات. ثم إن المجددين يُعَمِّرون بنوك بياناتهم، وشبكاتهم، بمعلومات عن الأدوات والمناهج وفوائد الضروب المختلفة من النباتات.

يجري الآن بالعالم ما شئت من إعادة غرس للغابات ومن إسعاف إيكولوجي. لكن، على الرغم من أن معظم هذه الأعمال أعمال مسئولة، إلا أنها ليست جميعا مما يرقى إلى مستويات المجددين المخلصين. إنها تقود أحيانا إلى المزيد من الهرولة البيولوجية عندما تُزرع مثلا أشجار سريعة النمو من جنوب أمريكا في مشاريع إعادة غرس الغابات بمناطق تبعد آلاف الأميال عن أقاليمها البيولوجية الطبيعية. ولتجنب النقد ربما استخدم بعض العاملين في الاستصلاح نباتا قويا مُسْتَجلباً، كأحد الأعشاب الأفريقية، بغرض تثبيت التربة في المراحل الأولى من المشروع على أن يُستبدل به فيما بعد نباتات محلية. ويؤخذ مشروع المستنقعات، الذي ذكرناه في الفصل السابق، على أنه مشروع تجديد، لكن الواضح أن هدفه ليس تحويل منطقة جنوب ووسط فلوريدا إلى الحالة الطبيعية التي كانت عليها قبل الاستيطان – يصعب أن يكون ذلك هو المستهدف بالنسبة لمنطقة تحمل الملايين من البشر وتحمل نباتات وحيوانات من كل صوب وحدب، وبها أكبر منطقة زراعية مقسمة في العالم. إنما الأمر هو مدخل جديد لإدارة المنطقة، مدخل يرمي إلى تصحيح ما حدث في الماضي من أخطاء في الادارة. يقول المخططون إنه "إدارة

تكيفية"، يعنون أنهم يسلمون بحاجتهم إلى التعلم عن طريق الفعل، وبحتمية الأخطاء على طول الطريق. هذه هي الفلسفة التي ستوجّه ما يجري الآن من عمل؛ إنها تختلف كثيرا عن عقلية فيلق المهندسين القديم وعن عقلية المتمذهبين البيئيين. إنها جزء مما يلزم أن تكون عليه البيئية.

ظل إضافي آخر من الخُضر: البيئية النشطة

إننا نحيا زماناً من الحركة الثائرة، والمدن الهائلة، والانفجار السكاني، والتكنولوجيات المزدهرة المتلاقية – ومثل هذا الزمان في أمَسّ الحاجة إلى رؤيا قادرة على استثمار الواقع وراغبة في ذلك.

لقد حان الوقت لبيئيّة جديدة، بيئية يلزم ألا يكون أربابها أقل من غيرهم غِيَرةً على القيم الأصيلة لغيرنا من الكائنات الحية، أو على منزلة الشعوب المحلية، أو على القدرات المُجَدِّدة للخلاء الواسع. لابد أن يكونوا أيضا مستعدين للدخول في معركة ضد أعداء البيئة الغلاظ ممن يودون أن يوقفوا كل حماية للهواء النظيف أو الماء. لكن لابد أن يكونوا أكثر استعداداً لمواجهة ظروف زماننا السريعة التغير، ولاتخاذ دور نشط في تكوين مجتمع كرضي بيومعلوماتي.

تكمن حماقة يمين الحركة المضادة للبيئية في مقاومتها المتأصلة إيديولوجيًّا لكل الشواهد على أن لجنس البشر ولحضارته آثاراً على المحيط الحيوي. وتكمن حماقة يسار حركة الإقليمية البيولوجية في توقهم إلى تصوير الحضارة البشرية على أنها شيطان، وإلى الاعتقاد بأن في مقدورنا ومن واجبنا أن نحيا في هذا العالم دون أن نؤثر فيه. أما مهمتنا نحن فهي أن نظل نجمع المعارف عن هذه الآثار وأن نبحث عن نماذج للإدارة والتوجيه معقولةً وإنسانية – عن طرق للحياة في هذا العالم نقبل معها عن طيب خاطر قدرة الانسان على التغيير.

والبيئية النشطة لابد أن تكون كرضية، فعالة، موجهة نحو المستقبل لا الماضي، مدعّمة للتطور الاقتصادي، أكثر اهتماما بالتعلم من أخطاء الماضي لا بالولولة على مكابرة مَنْ أخطأوا، وقادرة على تفهم التكنولوجيات الحديثة واستخدامها. وهناك الآن دلائل على هذا: يحرز الكثيرون الآن تقدما ملحوظا نحو "بيوتكنولوجيا خضراء" بتطوير مناهج أفضل للزراعة ولإعادة التدوير والتحكم في التلوث. مضت الجمعية الإيكولوجية الأمريكية إلى أبعد مدى في تزكية الاستمرار في البحث والتطوير في مجال البيوتكنولوجيا، كما عبر الكثير من قادتها عن مساندتهم المتحمسة "لإمكانيات البيوتكنولوجيا، لتوفير بدائل موثوقة إيكولوجيًا لبعض الممارسات الحالية بالنظم الإيكولوجية".

وعلى الرغم من أن هذا الضرب من البيئية لم يجذب بعد خيال الجماهير، إلا أنه موجود بالفعل ويُمَارَس. الكثيرون من الإيكولوجيين العاملين والنشطاء البيئيين يعالجون مشاكل واقعية بطريقة خلاقة حقا وأكثر عملية ونشاطا. هم يقومون بهذا بعد أن اتضح أنه مهما كان حبنا لبوكاهونتاس، فإنا لا نعرف كيف نترك الطبيعة وشأنها.

علينا أن تواجه حقيقة أساسية عن مجتمع البيومعلومات الذي ينمو من حولنا: إن العالم يتحول أكثر (لا أقل) نحو مركزية الإنسان. تتزايد السلطات البشرية والمسئوليات البشرية مع كل مشروع بحثي، مع كل إضافة إلى بنوك الجينات وقواعد البيانات. إننا نتحرك وفي سرعة نحو محيط حيوي يديره الانسان. ولقد نسيء إدارته حقا، ولقد يديره مختلف الناس في مختلف الأماكن بطرق مختلفة – بل ومتعارضة – لكنه لن يُترك لحاله. ستتزايد الضغوط على الكثير من النظم الإيكولوجية للعالم مع استمرار التزايد في السكان وتحضُّرهم وبراعتهم التكنولوجية. كذا ستتزايد قدرة البشرية على تشخيص المشاكل وابتكار الاستجابات. وسيكون ثمة العديد من الاستجابات، وستُقَدَّم بدائل للإدارة. حماية البرية بديل، وبديل كثيرا ما يكون طيبا جدا. لكنه إدارة لا يزال.

كثيرا ما أتجول مشيا على الأقدام في جبال هاي سيرا، عادةً بمنطقة جون موير البرية. إنها أرض عجائب من أصقاع جبلية، وبحيرات صافية، وحقول من الأزهار البرية. مكان هادئ يرتاده الناس للتمتع بالبيئة الوعرة، ومراقبة الشفق الشفوق عند الغسق. يتمددون في أكياس النوم بالليل يتأملون النجوم والأقمار الصناعية. إنها البرية. برية يديرها الانسان. حراس الغابة يصونون الممرات ويسألونك ألاّ تختصر الطرق.هم في أدب يكتبون لك بطاقة المخالفة إذا خيّمت قريبا جدا من إحدى البحيرات. ولقد يفلت زمام دب فَيُخَدَّر وينقل بالهليوكوبتر إلى منطقة بعيدة. في بعض المناطق البرية (مثل الحديقة القومية في كوستاريكا) تتضمن الإدارة ما بين الحين والحين إجلاء بعض المتطفلين الجوعى الذين يقتطعون خلسة مساحات من الأرض يزرعونها. تتضمن الإدارة دائما بدائل واختلافات في الآراء، للإدارة دائما ثمن. الإيكولوجيا سياسة.

ونحن لا نستطيع أن نترك الطبيعة وحالها. من بين أسباب ذلك، وهي عديدة، أن كل شخص منا يظل يلمسها. وحيثما تمضي المعلومات، تتبعها الإدارة. يختبر الناس الماء والتربة والهواء، يحصون الطيور والحيوانات والأزهار – والمعلومات تقود إلى الفعل. لقد أصبحنا وقد تعودنا على قوانين الجودة، جودة الماء وجودة الهواء، وعلى حماية الحياة البرية على المستوى المحلي والإقليمي. وتجميع البيومعلومات الجديدة يؤدي بسرعة إلى إدارة على مستوى الكرة الأرضية.

العلم والإيكولوجيا والسياسة والفن

يتسم الجدل حول الإدارة الإيكولوجية بالفوضى، ويصعب على المجادلين أن يتصوروا كيف يحسم الجدل. البعض يتوسل بالعلم، لكن "الحقائق" أبداً لا تكون كاملة – إنما هي دوما محل شك. والبعض يتوسل بالطبيعة، لكنها هي

الأخرى تكتيك مزعزع. يبحث الجميع في جنون عن مبدأ لا إنساني كحكَم أخير وسَنَد.

وفي كل الاتجاهات، يقاوم الناس الاعتراف بشيء يجب أن يكون واضحا – أن هناك بكل الجدل البيئي عنصراً ثقيلاً من الميول الشخصية. فالاحساسات الذاتية –**والانسانية**– والعواطف والقيم موجودة دائما. الإيكولوجيا فن مثلما هي علم. الجدل البيئي عادة ما يكون في حقيقة أمره أفكاراً عن الجمال متنافسة. معظمنا يقول إننا نحب خبرة الطبيعة، لكن البعض قد يحب الطبيعةَ في قاحلات إلينوي **وبها** أشجار، بينما يحبها غيرهم أكثر **دون** أشجار. تبتكر الجماعات المختلفة من الناس حججا (كلها لا إنسمركزية جديرة بالثناء) تعضد بها البدائل التي يستحسنونها للإدارة.

ومع تحركنا نحو مجتمع بيومعلوماتي، سيدرك الناس حتمية الإدارة وتلازمَ الجماليات الإنسانية والسياسات الإيكولوجية. وهم إذ يفعلون هذا سيثيرون البعض من الجدل الممتع حقا – سيخلّقون بيئات جديدة، مثلما سيخلّقون بيئية جديدة – طريقة للتفكير في مثل هذه الأمور تختلف تماماً عن إحساس زماننا هذا المتحولِ المشوَّش.

الفصل الثاني عشر
مدرسة بلا حدود

مهما توغلنا في المستقبل، فسيكون هناك دائما أشياء تحدث، ومعلومات ترد، وعوالم تستكشف، بمجال متسع أبدا للحياة والوعي والذاكرة.

– فريمان دايسون

ما التطور، إذا أنت تعمقت إلى الجوهر من قلبه وروحه؟ إلام ينصرف؟ لا شك أنه ينصرف إلى معايير داروينية قديمة، تكيف وبقاء. وهو ينصرف أيضا إلى التغير – مؤكداً ليس فقط التغير التدريجي الذي يفكر الناس فيه أحيانا عند التمييز بين التطور والثورة. لكن يبدو أنه يتعلق بالتعلم – اكتساب المعلومات واستخدامها ونقلها.

كل ما يحيا منشغل بالتعلم، ومع تكشف العلم الجديد الغريب للحياة الاصطناعية يبدو الأمر وكأن تلك الكيانات الإلكترونية الصغيرة داخل الكمبيوتر تتعلم هي الأخرى. الأنواع تتعلم بالطريقة الصعبة – من خلال الانتخاب الطبيعي. وآحاد الحيوانات تتعلم من جيناتها، وتتعلم أيضا من خبراتها إبان حياتها. وبشكل عام، يمكن القول إنه كلما ارتفع الحيوان في سلم التطور كلما ازداد اعتماده على المعلومات التي يكتسبها من خلال تعلمه التجريبي، وكلما قل اعتماده على المعلومات التي يولد بها. التعلم هناك في كل مكان، في كل فعل وفي كل حياة. يتعلم البشر كيف التحكم في الأمراض عن طريق المضادات الحيوية، وتتعلم البكتريا كيف تقاوم المضادات الحيوية، ويتعلم البشر أن عليهم أن يتعلموا طرقا جديدة لمقاومة المرض. يتعلم

الكمبيوتر، مع البرمجيات الصحيحة، أن يلعب دور شطرنج أفضل. كذا تسير الأمور في العالم، وفي الكون كله على ما تشير الشواهد. يلخص ريتشارد دوكنز وجهة نظره الخاصة باستعارته الشهيرة عن صانع الساعات الأعمى: التعلم يحدث "وخلاص". يعني دوكنز أن "الانتخاب الطبيعي هو الساعاتي الأعمى، هو أعمى لأنه لا يستطيع أن يرى أمامه، ولا يخطط للنتائج، وليس ثمة هدف يسعى إليه".

رقصة السلالات الثلاث

عندما أشرت إلى تعلم البكتريا والبشر والآلات، كنت أمزج ما بين ثلاثة أنواع مختلفة من التعلم. ظهرت هذه على مراحل مختلفة أثناء تقدم التطور، وهي تَستعمل نظما مختلفة من المعلومات. أما أولها، وهو نظام التعلم البيولوجي - الذي نشأ في مرحلة بدائية جدا من الحياة على الأرض، وإن كانت مرحلة متقدمة جدا من التطور في الكون - فقد دَفَعَتْه قواعدُ الانتخاب الطبيعي، وهو يستخدم الجينات في تخزين المعلومات ونقلها. والنظام الثاني هو الثقافي، "الدنا الثقافي" من رموز ولغة، وبه أصبحنا قادرين نظريا على أن نتعلم من أي شخص وعلى أن ننقلَ المعلومات إلى أي شخص. أما الثالث فهو نظام "خارج جسدي" (أي خارج جسم الانسان) يتألف من الأجهزة، وتضم هذه كل المنتجات المصنوعة - من الرسوم على جُدُر الكهوف إلى الكتب إلى التليفونات إلى النظام الهائل للأقمار الاصطناعية والكابلات والكمبيوترات وبنوك البيانات التي تزدهر الآن على طول الأرض وعرضها - المنتجات التي ليست أجزاء من أجسادنا البيولوجية لكنها تصبح أجزاء متممة لتفكيرنا وتَعَلّمنا واتصالاتنا. تُطلق سوزانا جوناتيليك، من سري لانكا والولايات المتحدة - وهي مُنَظِّرة من أجدر منظّري التطور بالجيل المعاصر - تطلق على هذه النظم الثلاثة اسم "سلالات" - كلمة لطيفة تحمل معنى التراث، شيء مستمر إن يكن يتغير مع الزمن كمثل عائلة ملكية.

هناك إذن ثلاثة نظم للمعلومات: وراثي، ثقافي، خارج - جسدي. كلّ ينمو عن مرحلة تطورية تسبقه، وكلّ - بطريقته - يدفع التقدم العام للنوع. وأحب أن أجعل هذا واضحاً: عندما أتحدث هنا عن المعلومات فإنني استخدم الكلمة كما استعملها بيولوجيّو التطور التقليديون - لتعني تعليمات عن طريقة التعامل مع البيئة. وعندما يتحدث بيولوجيو التطور عن التقدم، فهم لا يعنون فقط التقدم في التكيف، وإنما أيضا التقدم في القدرة على التكيف (التكيفية). والتكيفية تتعلق بالاستجابة للتغير، وهذا ما تفعله الأنواع المختلفة بطرق مختلفة وبدرجات مختلفة من النجاح. وهومو سابِيِنْس مشهور بقدرته على التكيف، والقدرة البشرية على التكيف هي نتاج التطور الثقافي. فأجسادنا في ذاتها ليس لها كل هذه القدرة على التكيف، غرائزك لا تمضي بك بعيداً إذا ما انقُطِع بك في مناخٍ مُعادٍ.

والتحولات التطورية التي ناقشناها في فصول سابقة لا تتضمن التعلم فقط، وإنما تَعَلُّم طرق جديدة للتعلم. فما بين الحين والحين - كما حدث في تطور هومو سابِيِنْس - تتخذ العملية قفزة إلى مرحلة أخرى، وتبدأ سلالة جديدة، تمضي على طول مسالك جديدة في الاستكشاف والنمو والتعقيد والتكيفية. يسرع بعض التطوريين من أمثال دانييل دينيت، زميل دوكنز، يسرعون يذكّروننا بأن هذه ابتكارات يشكلها التطور، ثم يستخدمها في رفع نفسه إلى مستوى جديد، أي دون مساعدة من الخارج. وسواء أكانت أوناشاً أو عوناً من الخارج، فإنك تواجَه بالحقيقة الواضحة إن تكن تلبخ العقل، وتلهم، وتفزع أحيانا - حقيقة أن العملية التطورية تتعلم أحيانا طريقة جديدة للتعلم - وعندما تفعل ذلك، تغير من معدل تغيرها.

لفتت جوناتيليك النظر إلى شيء غاية في الغرابة والفتنة يتعلق بالسلالات الثلاثة للمعلومات، ذلك أن لكل منها سرعته التطورية الخاصة؛ كل منها أكثر قدرة على التكيف من السلالة التي تسبقه. الثقافة تتغير بسرعة تفوق التغير في جيناتنا، والكمبيوتر يتغير الآن أسرع منا. ثمة شيء آخر يحدث: كل

سلالة جديدة تحول السلالة التي سبقتها وخَلّقتها. عندما ظهرت الثقافة، تغير التطور البيولوجي للبشر، وعلى الخصوص: محاباة ذوي المخاخ الأكبر، ذوي القدرة الأعلى على معالجة الرموز، التي هي مادة الثقافة. وبظهور كل نظام معلوماتي جديد - اللغة، الكتابة، النمط القابل للتحريك - تنتج ثقافة جديدة، أنماط جديدة من التغير الثقافي. تُخلِّق شبكات المعلومات / الاتصالات الآن ثقافة كرضية عامة، تُمكِّن الناس من معالجة الرموز بطرق جديدة وتؤثر في الثقافات المحلية جميعا.

هناك ما هو أكثر: كنا نتحدث عن القفزات المحوِّلة في تطور البشر، التي نجمت عن بزوغ نظم معلومات جديدة. لكن الواضح أن الانسان لم يكن الوحيد الذي تأثرت مقدراته التطورية عندما ظهرت مَلَكَةُ الكلام، والكتابة. مضت ثقافة البشر لتضم المعارف عن طرق تربية النبات والحيوان، وعن كيفية تحوير الأرض عن طريق الفلاحة والتعدين وبناء القنوات المائية. ومع التسارع الحالي في نظم المعلومات. جاءت كوكبة من تغيرات جديدة في قواعد التطور البيولوجي للأنواع وفي إيكولوجيا كوكب الأرض ذاته.

ثمة نقطة أخيرة. إن سلالات المعلومات هذه ليست في الحق منفصلة. هي تظهر في مراحل تطورية مختلفة، ولها خصائصها المميزة التي يمكن تحليلها وقياسها ووصفها - لكنا نجدها في الواقع وقد امتزجت سويا في صورة معقدة وخلاّقة. تتلاقى وتتداخل بطرق كثيرة. بدأنا كتابنا هذا بإختبار للكيفية التي بها تطور أحد ضروب التعلم الثقافي البشري - الضرب الذي نسميه الآن: البيولوجيا - تطور مع تكنولوجيا المعلومات والاتصالات. الأدوات الجديدة والتكنولوجيات تحول الثقافة والثقافة تحول علم الوراثة - والعكس بالعكس، التأثيرات الوراثية - كما يقول البيوسوسيولوجيون - تساعد في تشكيل الثقافة. ولقد تمكن الناس عن طريق الثقافة وحدها من أن يصنعوا الأدوات الجديدة والتكنولوجيات. رقصة تطورية ثرية ومعقدة،

ومحاولة اختزالها إلى عنوان بائخ مثل "الحتمية التكنولوجية" ليست سوى مضيعة للوقت أي مضيعة.

يشمل التطور الآن كل نظم التعلم الثلاثة هذه، ونحن لا نستطيع أن نفهم عن التطور شيئا على الاطلاق – نعني أننا لا نستطيع أن نفهم ما يحدث لنا أو لعالمنا –دون أن تأخذ هذه النظم في الحسبان. وهذا يعني – خصوصا – إدراك أن ثمة انفجاراً في السلالة الثالثة – نظام ما هو خارج الجسد – يغير الآن كلَّ شيء.

وقد يبدو من المفارقات حقا ألاّ يكون التطوُّر في جنس الانسان في الوقت الحالي أمرَ تغير وراثي، بينما نحن على الأبواب قرن ستسوده التقدمات في علوم الوراثة. إننا لا نزال نولد تقريبا بنفس المخاخ ونفس الأجساد التي كان يولد بها أسلافنا منذ آلاف السنين. لكنا تمضي لنصبح مختلفين تماماً عنهم إذ نستوعب المعلومات الثقافية لزماننا، إذ تغدو مخاخنا وجسومنا مزيدة بابتكارات ما كنّا نتخيلها، إذ نصل أنفسنا بروابط جديدة مع شعوب أخرى ومع المحيط الحيوي.

لعل أهم ما يحدث الآن للبشر من تغيرات وراثية هو ما ذكرتُه في الفصل السابع، الانخفاضُ الحاد في التربية الداخلية الذي نجم عن زيادة تحرك الناس، ولقد تسبب الهجراتُ البشرية الهائلة التي تحدث في زماننا هذا الكثيرَ من المشاكل الثقافية والسياسية – ومثل هذا التحرك لا يعجب بالتأكيد أصحاب الإقليمية البيولوجية – لكنها من وجهة النظر الوراثية تطور صحي : المعادل الواسع النطاق لاستيراد أسد الجبل من تكساس لرفد المستودع الجيني المتهَلك للنمر الأرقط في فلوريدا. وهناك من الشواهد ما يعضد المخاوف بأن بعض التدهور في المستودع الجيني يأتي عن الأثر التجمعي لكل ما يُجرى لعلاج الأمراض وإنقاذ الحياة. ربما كان الجينوم البشري يتقلب بطرق شتى، لكن لا

يبدو لنا في الأفق أي تغير وراثي جوهري في الحالة البشرية. إن هومو ساپينس – لحد علم الدنا – لا يزال هو هومو ساپينس.

ربما وقعت تغيرات أخرى في المستودع الجيني البشري إذا أصبح علاج الخط الجرثومي واقعا علميا (ومقبولاً اجتماعيا). لنا أن نتصور أن تنخفض كثيرا بعض العيوب الوراثية، بل وأن تختفي. لكن هذا ليس هو الاتجاه الذي أبحث فيه عن المستقبل القريب للتطور البشري، إنني لا أتوقع ظهور مخاخ أذكى وأجسام أقوى عن طريق قوة الوراثة السحرية. ربما حدث هذا يوما، لكنه ليس قريبا. أما ما أتوقعه فهو كمبيوترات أذكى، أكثر اندماجا في حياتنا بطرق لا تحصى، ثم زَيْد أكثر للجسم البشري. والواقع أنني أظن أن الكمبيوترات ستتغير بسرعة حتى لتكاد تختفي – أن تفقد المكانة العليا التي تحتلها الآن في مكاتبنا وعلى حِجْرنا وفي محادثاتنا، لتبقى حولنا في كل مكان في صورة أدوات ذكية، ومنازل ذكية، بل وربما ملابس ذكية. يقوم العلماء، بمعمل الميديا بمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا، بالترويج لمفهوم البودينتْ (شبكة الجسم) – الجسم البشري، بمعنى ما، يرتدي كمبيوتره ويتصل من خلاله بغيره من الناس أو بنظم المعلومات. بهذه الطرق وبغيرها سيتطور الإنسان من خلال سلالات الثقافة والتغير التكنولوجي.

لم يحدث أبداً في نُظُم المعلومات ما يقارن بمثل هذا الانفجار الذي يجري الآن، ولن يستطيع ولا حتى مستقبليّ أحمق أن يدعي معرفته بالضبط بما قد يتخذه هذا التقدم من صور. إننا لا نستطيع أن نتنبأ بهذا – لكننا نستطيع باطمئنان أن نتنبأ بأن التقدم سيستمر بعض الوقت، بل ولن يكون من المحذور أن نخاطر بالتخمين بأن معدل تغيره سيستمر في الزيادة. وهو لن ينتج فقط زيداً في عقل الانسان وجسمه، وإنما سينتج أيضا وسائل جديدة لإدارة الأنواع الأخرى والنظم الإيكولوجية، بجانب شبكة كرضية للاتصالات أسرع وأكثر إحكاما، وقدرة تتعاظم لدراسة كوكب الأرض ككل وتقييم التغذية المرتدة من نُظُمه المختلفة.

وعلى هذا فإن الإطار لمعالجة التطور الآن هو: أدنى تغير في الطبيعة الوراثية للجنس البشري ككل، وتغير أُسّي في نظم المعلومات خارج الجسمية – ثم، بالحتم، تغيرات سريعة جدا في الثقافة. سيدفع التغير التكنولوجي حدوث التغير الثقافي، لكنه لن يحدد نتائجه. أما ما يعنيه هذا فهو أن على الناس أن يقوموا بخيارات أكثر.

الثقافة هي الجزء من التطور الأقرب إلى شعورنا – لأن شعورنا ثقافة – وهي أيضا، بشكل ما، الأكثر غموضا. لقد رأينا قدراً لا يصدق من التغير الثقافي في غضون العقود القليلة الماضية، وسنرى أكثر في العقود القادمة. والحق أنني أتوقع أن تشهد الفترة التالية مباشرة، أسرعَ التغيرات الثقافية التي خبرها الانسان، وأن تُختبر إلى الحد الأقصى قدرتنا على هذا التغير. كثيرا ما يتحدث الناس عن القدر الممكن من التغير الثقافي، لكن ليس ثمة قواعد صارمة تحكم ذلك – أو، إذا وُجد ثمة – فإنا لا نعرفها. ستجلب هذه الفترة تكريضا مستمراً للثقافة، مع اتصالات متزايدة وتحركات، وستجلب تحركات مضادة – الأصولية والتعصب الأقليمي والمذاهب المحافظة والارتجاعية والكثير من الحركات التي تقاوم الاتجاه نحو التكريض.

في هذه الصفحات الأخيرة أود أن أعالج ثلاث فئات من القضايا الثقافية لها أهميتها القصوى مع تحركنا إلى هذا المجتمع الكرضي البيومعلوماتي: الأخلاقيات والعدالة والتوجيه. وأخيرا فسألمس ما أعتقد أنه أهم القضايا الثقافية طرا – أية قصة نحكيها، كيف نتحدث عما نتحدث عنه.

الأخلاقيات في التطور

من بين الملاحظات المألوفة عن التكنولوجيات المتكاثرة للبيومعلومات أنها تبسط للناس خيارات أخلاقية جديدة. هذا صحيح تماما، لكن الأمر أكثر من

مجرد اتخاذ قرارات أخلاقية. إن علينا أيضا أن نقرر: أخلاقيات مَنْ تلك التي سنستخدمها عندما نختار؟

إننا نحيا الآن الحضارة الكرضية لما بعد الحداثة حيث تعدل العقائد والقيم الثابتة للعقائد التقليدية والنظم الاجتماعية والإيديولوجيات في كل اتجاه. أقول إن الحقيقة لم تعد مثلما كانت. فلقد تُقرر أن تجعل حياتك أسهل قيادا وتقلل من مجال الاختيار إلى أبعاد أقل عسرا فتعلن الولاء لنظام عقائدي موطد مثل الكنيسة الكاثوليكية – لكن هذا في حد ذاته خيار آخر. فإذا اتخذتَ هذا القرار، فعليك أن تتخذ قرارات أخرى فيما إذا كنتَ ستتمرد بعيدا عن جماهير الكاثوليك أم ستلتزم بالدين، فيما إذا كنت ستمارس الشعائر بأكملها أم ستختار القيم والمبادىء التي تلائمك. يتخذ الكثيرون هذا السبيل الأخير على غير هوى آباء الكنيسة، ليصبحوا من "كاثوليك الكافتريا"، كما يُسمون، الذين ينتقون ويختارون من بين التعاليم. لدينا أيضا بروتستانت الكافتريا، وماركسيو الكافتريا، ومسلمو الكافتريا، وكافتريا الأمريكان المحافظين.

مهمة الأخلاقيين المعاصرين تختلف إذن عن مهمة السلطة التلقليدية، التي كانت – ببساطة – تضع القواعد. غدا من مهامهم إعادة تفسير وإعادة ابتكار النظم القديمة للقيم والمعتقدات ومساعدة الناس في تحسس طريقهم إلى عالم جديد من الحقائق المتعددة المتغيرة أبدا. لم تعد القواعد الأخلاقية القديمة، عند معظمنا، تلائم عصرنا الحالي. هي قد تُوَجِّه، لكن الواقع يقول إن الناس في زماننا يبتكرون الأخلاقيات ويشكلونها ويختارونها ويتفاوضون بشأنها، والمفروض أن يتم التفاوض بشأنها لأن هناك لأية قضية العديدَ من المواقف المختلفة الممكنة – مداخل أخلاقية مختلفة اختلافا جذريا.

من المفهوم إذن أن يحاول الناس أن يجدوا طريقا مختصرا عبر هذا التشوش بالبحث عن معنى أخلاقي بسيط يبدو واضحاً ومقبولاً لدى الجميع. والطبيعة

مفتاح من المفاتيح المفضلة – أروع دليل يسهل التمكن منه، وقد يكون الأقل نفعا. أما المشكلة مع هذا المبدأ الأساسي بالذات فهو أننا نعتقد أن له معنى وطيداً عاماً عبر ثقافيّ، ومن ثم فهو يريحنا من بعض عبء الاختيار. لكنه لا يريحنا: فالأفكار حول ماهية الطبيعة وماهية السلوك الطبيعي متشعبة بشكل هائل وتختلف باختلاف الثقافة. أوضح الأنثروبولوجيون أن ما يُعتبر عند شعب سلوكا صحيحا طبيعيا – مكان عَرَضي، مثلا، لرجال قبيلة إلينجوت بشمال الفلبين يجزّون فيه رءوس الأعداء، أو ممارسة الجنس عن طريق الفم بين الذكور من الأطفال والمراهقين في غينيا الجديدة – هو فساد خلقي فظيع عند غيره من الشعوب. وليس من الواضح على الاطلاق إن كان لكل الثقافات حتى مفهوم عن الحضارة يقارن بمفهومنا.

فإذا كان ما تعنيه بالطبيعة قطعة من سطح الأرض لم تتأثر على الاطلاق بفعل البشر – فاصرف النظر. ليس ثمة نظام إيكولوجي كهذا، ليس ثمة حيوان، ليس ثمة مكان – ولم يكن ثمة منذ زمن أبعد مما يظن بيل ماك كيبين مؤلف كتاب "نهاية الطبيعة". فإذا كانت الطبيعة عندك تعني الكون، حسناً؛ لكن هذا بالطبع يضمنا نحن وآلاتنا وبالوعاتنا وأكوام الخبث. الكلمة طيبة تماما وفي المتناول – ليست بأكثر غموضا من العديد غيرها من مفرداتنا الغامضة – نستعملها عند الحديث عن المناطق البرية، أو عشق الخلاء المفتوح والكائنات الحية، أو ما نفعله دون إعمال الكثير من التفكير. لكنها لا تتصف بالدقة، وليس لها قيمة أيا كانت كدليل نميز به الفعل الصحيح من الخاطيء. إنها أشبه ما تكون باستعمالنا الشائع لكلمتيّ "أبيض" و"أسود" للتمييز بين سلالات البشر – نعني ألاّ سبيل إلى اجتنابها وأنها خالية أصلاً من المعنى.

من المفهوم تماما أن يتعلق بعض الناس بالطبيعة – مثلما يتعلق غيرهم بالموضوعية العلمية أو بالدين – على أمل أن تقدم الطبيعة إرشادات عليا خالدة تهديهم في تعقيدات هذا العصر، وتخدم في إسكات صوت اللاأخلاقيين، وتحسم الجدل نهائيا. لكنها لا تلبي هذه الحاجة. ولا يلبيها

العلم أيضا. لكلٍّ فائدته المحدودة، لكنها ليست كافية. ليس منها ما ينقذنا من نعيم هذا الزمان وعذابه.

فإذا كنت تبحث عن بصيرة في الوضع الأخلاقي بزماننا، فلتذهب إلى مكتبة عامة متوسطة الحجم، وستجدها هناك بسهولة. توجَّه إلى قسم الأخلاقيات، وستجد كتبا لأخلاقيات الجناح الأيمن، وأخلاقيات الجناح الأيسر، وأخلاقيات العصر الجديد، وأخلاقيات العودة إلى الطبيعة، وأخلاقيات المذهب النفعي المُهَلِّل للعلم. يبدو أن البعض من مؤلفي هذه الكتب يريدون الاعتراف صراحة بأنهم يستهدفون جمهوراً محدودا – ثقافة ثانوية بذاتها – لكن الكثيرين منهم يعتقدون على ما يبدو أنهم يستطيعون التحدث إلى كل شخص وعن كل شخص. ما عليك إلا أن تخطو إلى الخلف خطوة أو خطوتين، ثم تنظر إلى تلك الرفوف ككل، وسترى حقيقة هذا العالم الذي نحيا به: إنه عالم ذو أخلاقيات عديدة.

وهذا الوضع ليس على الاطلاق وضعا ميئوسا منه، وإنْ وجده البعض كذلك. إنما هو عصر حيوية رائع. الإجابات الأخلاقية لا تصلنا من أعلى من عند جايا، وهي لا تأتي مطبوعة عن الكمبيوتر. إنما نجدها في الديالوج – أو المتيلوج إن شئت – مع الآخرين. في الديالوج مع تقاليد الماضي ومع المعلومات المتغيرة أبدا. ونحن بمعنى ما نبتدعها هكذا، اعتباطيا من لا شيء. إننا نبتدعها بالتعلم وبالعدول عنه – بأن نراجع دوريا معلوماتنا وافتراضاتنا. وعندما نقوم بخياراتنا الأخلاقية – التي كثيرا ما تكون مسألة حياة أو موت – فمن اللازم أن يكون ذلك في تواضع، عارفين أن معلوماتنا ناقصة.

أما أفضل مثال على نوع العملية الأخلاقية التي نحتاج منها الكثير في مجتمع البيومعلومات، فربما وجدناه في عمل المستشارين الوراثيين الذين يعاونون الناس على اتخاذ القرارات بشأن مواضيع مثل الفرز الوراثي. يقدم المستشار للزبون – عادة زوجين يرغبان في الإنجاب – المعلومات العلمية وتفسير النتائج

والبدائل المتاحة. ثم إنه يشجعهما على أن يتفحصا، وأن يأخذا في الاعتبار ما تقوله تعاليم التقاليد الثقافية أو الدينية التي ينتميان إليهـا. كمـا أنـه يشـجعهما أيضا على أن يتحدثا سويا، ومع العائلة، ومع الآخرين ممـن واجهـوا مشـاكل مماثلة. إنها عملية بشرية تجسد حكمةً إنسانية معينـة، وهـي أسمـى كثيرا مـن تلقين تعاليم الإنجيل أو آخر أعمال الإيكولوجيا الغويطة. الجدل الأخلاقـي في زماننا إما أن يكون حواراً أو أن يكون لا شيء.

العدالة في التطور

السياسة كما يعرّفها هارولد لاسويل، العالم السياسـي الأمريكـي العظيـم، هي قضية : من يحصل على ماذا ومتى. ربما كان هـذا تعريفـا غـير رومانسـي (وبالطبع غير إنسمركزي) لموضوع بحـثِ أفلاطـون ومونتسـكييه ومـاركس، والشغل الشاغل لقيصر ولينكولن وتشرشل،، لكنـه تعريـف ذو معنـى، ولقـد بدأت أعتقد الآن أن له معنـى أكـثر مـن أي وقـت مضـى - الآن حيـث قـد يكون للأفعال السياسية تضمينات تطورية لا تؤثر فقط في الناس وإنما في كـل صور الحياة على الأرض.

إن أكثر اقضايـا الـتي تواجهها المجتمعـات البشـرية اليـوم إلحاحـاً وتفجـراً وحتمية هي قضايا العدالة، وقضايا مَنْ يحصل على ماذا ومتى وكيـف. قـد لا تكون الفجوة الواسعة التي ظهرت بالعالم في الثروة والفُرَص "مشكلةً كرضية" مفـردة مقارنـة بتهديـد تغـيرات منـاخ الأرض أو انقـراض الأنـواع - لكنهـا المشكلة التي قد تعوّق حلَّ ما غيرها، لأنها تجعل مَنْ يحتاج حطـب الوقـود لا يستجيب للتحذيرات عن ارتفاع نسبة ثاني أكسيد الكربون في الجو، ولأنهـا تدفع الجوعى أو الفقراء إلى صيد الحيوانات المهددة والقضاء عليها.

أما أكبر أسئلة عصرنا، السؤال الـذي لم يجـد إجابتـه، فهـو مـا إذا كـانت ثـورة المعلومـات والثـورة البيولوجيـة ستسـهمان في سـد هـذه الفجـوة أم في توسـيعها. اشـتركـتُ في مؤتمرات عديـدة ومناقشـات حـول هـــذه القضيـــة،

ووجدت الناس ينقسمون إلى فئتين. البعض – المتفائلون بالسيبرة – مقتنعون بأن المعلومات والبيوتكنولوجيا لا تعمل بالقواعد القديمة لندرة الموارد، وأنها ستنتشر سريعا حول العالم – لتُقَدِّم حلولا جديدة لمشاكل الفقر والمرض وتحطيم البيئة. والبعض الآخر – المتشائمون – متأكدون بأننا لن نجني سوى توسيع الفجوة، بل وربما أيضا صدعاً أكثر عمقا وقبحا مما عرفه العالم عمره – يثب الأغنياء في جذل إلى الأمام يلحون مجتمع البيومعلومات، بينما الجماهير غير المستنيرة يخوضون في أوحال بؤس التلوث والازدحام.

إنني متأكد من أن المتشائمين على حق في نقطة واحدة: أن لثورة المعلومات القدرة على أن تجعل الفجوة أكثر وضوحاً وإيلاما وخطرا. نحن في الدول المتقدمة قد لا نفعل الكثير من أجل توفير الغذاء والإسكان والكساء والعمل لشعوب المناطق الأفقر من العالم، أو من أجل تمكينهم من توفير ذلك بأنفسهم – لكننا على ما يبدو مهرة غاية في المهارة في تصدير صور خيالية عن الطريقة التي يحيا بها الأغنياء الشِّباعى – مؤطرةً أحيانا في تمثيليات تليفزيونية وسينمائية.

يبدو أن هناك الآن ضروبا أخرى لانتشار المعلومات أكثر تعقيدا. بدأ الناس الآن في كل مكان يدركون أن بالعالم أنواعاً مختلفة من الموارد – منها موارد كالجينات والبيانات البيولوجية لم تكن موجودة عمليا حتى عهد قريب جدا – وأن هذه الموارد قد تكون لها قيمةُ حياة أو موت حقيقية. وقضايا البيومعلومات معقدة، لكن بعض الأساسيات قد تكون سهلة الاستيعاب. من يعلم يعيش حياة أطول وأكثر صحة. المُزَارِع الذي يعلم ينتج غذاء أكثر وأفضل. المجتمعات التي تعلم تدير بيئاتها بصورة أفضل. الشركات التي تعلم تكسب أكثر. ربما كان ما يلي صعب الاستيعاب وإن كان الناس يكتشفونه الآن: فكلمة "يعلم" التي كررناها هنا لا تعني فقط الحصول على المعلومات، إنما تعني أيضا معرفة طريقة استخدامها – ثم معرفة كيفية مواصلة التعلم، وهذا هو الأهم.

وما يحدث من ظلم معلوماتي في العالم ليس بالضبط فجوةً ما بين الشمال والجنوب، لأن ما يسمى مجتمعات البحوث والتطوير "المتحولة الحرجة" قد ازدهرت بالفعل في مناطق غير متوقعة – أو إذا أردنا الدقة، ازدهرت دون إشارة إلى المكان على الاطلاق، وإنما هي تتشكل في صورة شبكات لا جغرافية. لكن، وعلى الرغم من أن الصورة الجغرافية تبدو أكثر عتامة، فلا يزال واضحاً في الوقت الحالي أن فوائد عصر المعلومات تتدفق بصورة أكثر غزارة إلى حياة شعوب الدول المتقدمة.

هل من الممكن أن نعالج هذا بعملية هائلة تنقل فيها الموارد الجديدة إلى اقتصاديات الدول النامية؟ هذا ما يراه جان ـ جاك سيرفان ـ شرايبر (أحد نشطاء التنمية الدولية، والمدير السابق للمركز العالمي للمعلوماتية والموارد البشرية)؛ لقد نادى بحملة عالمية لنقل المعلومات لمساعدة شعوب العالم الثالث على تحسين الزراعة والرعاية الصحية لديهم، وعلى تطوير صناعات مستدامة، وعلى التقدم نحو عضوية اقتصاد كرضي للمعلومات / الخدمات.

لكن هناك، لأسباب متعددة، من لا يتحمس كثيرا لهذه الفكرة. ينشغل اليمين السياسي بمقدار ما يُنقل ويضر بمصالح التجارة والصناعة التي تتعامل في التكنولوجيا الرفيعة والمعلومات، والتي استثمرت كثيرا في البحث والتطوير ولها الحق في عائد. أما أهل اليسار فتقلقهم الكيفية التي بها يمزقون البنى الثقافية والاجتماعية لدى من يُفترض أن يكونوا المنتفعين. والبعض يرى أن مثل هذا النقل مستحيل لأن المؤسسات التعليمية والعلمية بالعالم الثالث ليست ملائمة. وهناك من يظن أن لثورة المعلومات والثورة البيولوجية من الزخم ما يكفي لأن تجرى عملية النقل شئنا أم أبينا.

ستجد فيما دار من جدل حول مستقبل إنترلوكين-١٢ (إل-١٢) – ذلك العقار الفائق المحتَمَل – ستجد المثال الجيد على مَنْ يحصل في الواقع على ماذا ومتى وكيف، وذلك في صناعة يحركها الطلب. يبدو أن للعقار إل-١٢

استعمالات ضد مجال واسع مدهش من الأمراض – من السرطان إلى الإيدز إلى عذابات العالم الثالث كالملاريا وداء الليشمانيا. تُجرى الآن الاختبارات ضد الكثير من الأمراض، والنتائج في المراحل الأولى مشجعة، لكن ممثلي الشركات الحاملة لبراءة إل–١٢ قد انقلبت مذعورة من احتمال أن يُفرض عليها أن تطوِّر أولاً منتجا لدول العالم الثالث. كتب أحد محرري مجلة "ساينس" في تغطيته ندوة عن إل–١٢ عقدتها المعاهد القومية للصحة، كتب يقول إن ممثل إحدى الشركات المعنية (شركة مجمع الوراثة) قد حذر من أن نجاح إل–١٢، في هذا الوقت، ضد الليشمانيا مثلا سيكون "كارثة" بالنسبة للشركة، إذ ستتورط لتصعيد تصنيعٍ يتكلف ملايين الدولارات، ثم ينتهي الأمر بتوزيع العقار عن طريق منظمة الصحة العالمية، التي ستقوم بطرحه بالمجان تقريبا، وتترك الشركة للتحمل تكاليف هائلة دون أن يصلها من الدخل إلا القليل، إن وصل شيء من أصله.

يصعب أن نتوقع من شركات تعتمد على ما يغذيها من رأسمال – من شركات كثيرا ما تقضي السنين تنفق ملايين الدولارات على البحوث قبل أن تصل إلى منتَج رائج – يصعب أن نتوقع منها ألا تهتم بأن تقدم بعض الربح للمستثمرين. لكن حافز الربح سيقود لا محالة إلى توجيه بحوث أكثر نحو تطوير منتجات لمن يمتلك الثمن. يحدث أحيانا أن يصبح المنتَج بعد فترة أكثر إتاحة فينخفض السعر، لكن خلال هذه الفترة الفاصلة يموت الكثيرون ويعاني الكثيرون. تتضمن محاولات سد الفجوة بحوثا تدعمها منظمات دولية مثل اليونسكو، أو وكالات التنمية في الدول المختلفة، ومنظمات التمويل الخاصة مثل مؤسسة روكيفلر. تستحق هذه جميعا عناية ودعما عموميا أكبر مما تحصل عليه.

والتنمية المتواصلة – أكثر الشعارات رواجاً في أيامنا هذه – هي طريقة للتحدث عن قضية العدالة، وكل ما يوجَّه إليها من نقد يتركز أساساً في نوع العدالة التي يلزم أن نهتم به. يهتم رجال التنمية المتواصلة، أكثر، بالعدالة بين

الأجيال – يحرصون على ألا نستهلك الموارد التي قد يحتاجها الناس في المستقبل. لكن ويلفريد بيكرمان، الاقتصادي البريطاني، كتب في نشرة مطوية حديثةٍ أخرى معارِضَة للبيئيين – تحت عنوان "الصغير غبي" – كتب يدفع بأن حركة التنمية المتواصلة كلها لا تفعل أكثر من أن تضع حاجات الأجيال القادمة (التي لا نعرف عنها شيئا) فوق ثروة من يحيون الآن وخيرهم. يجادل بالقول إن ما علينا أن نفعله هو البحث عن طرق لتحسين توزيع الموارد بين سكان العالم الحاليين.

وكلا الطريقين للتفكير حول العدالة – القلق بشأن أجيال المستقبل، والقلق بشأن الفجوات الحالية بين من يملكون ومن لا يملكون – كلاهما يزدهر في مجتمع المعلومات، وكلاهما ينشأ بصورة لأبدِّية عن تكريض أجهزة الاعلام. يجلب عصر المعلومات انفساحاً في الآفاق فجائيا غليظا مروعاً. يتحول الغني المحظوظ إلى جهاز تلفزيونه ليشاهد المجاعة في الصومال. في نفس الوقت تصل الرسالة إلى الجوعى في الصومال، في صورة حية على الأغلب، بأن هناك الكثيرين في بقية أنحاء العالم يجلسون في المطاعم لا يقلقهم إلا نوع النبيذ الذي سيطلبونه. يبذل نشطاء حقوق الحيوان كل جهدهم حتى نحس بآلام الكائنات الأخرى. سيناريوهات الكارثة الكرضية تذكرنا بالمستقبل وتملؤنا بالشعور بالإثم لما نفعله لذريتنا. ينبسط المنظر السياسي الذي نحيا به، في كل الاتجاهات، يمتد في المكان، بل وحتى في الزمان.

نحو إيكولوجية التوجيه

ستصبح معظم القضايا التطورية العلمية في عصرنا قضايا توجيه، إن عاجلا وإن آجلا – كل القضايا حول أشياء مثل العلاج الوراثي، نقل الأعضاء، الحيوانات عبر الجينية، البيوتكنولوجيا، بنوك الجينات، إدارة النظم الإيكولوجية، التنمية المتواصلة. وهذا أمر يصعب فهمه، لأن الكثيرين ممن يفكرون في ثورة المعلومات لا يأخذون هذا الموضوع مأخذ الجد. هم على ما

يبدو يأخذون المألوف من المؤسسات والقضايا السياسية على أنها من الغريب المستملَح. وعلى سبيل المثال كان "انفلات زمام التحكم" هو العنوان الذي أعطاه كيفين كيلي لكتابه المثير حول ثورة المعلومات. لقد اختتم كتابه هذا بقوله إن التوجيه لن يكون إلا في صورة تحكمٍ من تحت إلى فوق:

إذا ما كان كل شيء متصلا بكل شيء آخر في شبكة متفرعة ، حدث كل شيء في وقت واحد. وإذا ما حدث كل شيء في وقت واحد، أخذت المشاكل الرحيبة السريعة الحركة تدور ببساطة حول أي سلطة. وعلى هذا فلابد أن ينشأ التوجيه عن أكثر الأفعال المتوافقة تواضعا – الأفعال التي تتم محليا في تواز – وليس عن أي تحكم مركزي. السُّوقة قد يقودون أنفسهم، وفي منطقة التغير السريع الهائل المتباين، ليس مَنْ يقود سوى السوقة. كي تحصل على شيء من لا شيء، لابد أن يكون التحكم في القاع طيَّ البساطة.

هنا أمامنا ثانيةً مفهوم التنظيم الذاتي، وأنا أعتقد – كما ذكرت بمواضع مختلفة من هذا الكتاب – أن هذا المفهوم لابد أن يؤخذ مأخذ الجد لموازنة الأفكار الأكثر تقليدية عن الهيراركية والتحكم من فوق إلى تحت. فكل ما هو معقد، كعالم اليوم، لن يُحْكَم من موقع قيادة مركزي مثل الموقع الذي رأيته في مشروع "بيوسفير ٢" (تَبيَّن في النهاية أن هذا لم يصلح أيضا لبيوسفير – ٢). لكن الوضع الكرضي ببساطة ليس وضعا يُصنع فيه القرار بشكل عفوي من تحت إلى فوق. ومع تنظيم العالم لِذاته في حضارة كرضية ذات مسئوليات توجيه تتنامى وتغطي المجال الحيوي نفسه، فإن العالم يُمَرِكزُ ولا يُمَرْكز في آن. يتلاقي ويفترق في ذات الوقت.

أما عن كل ما يجري من حديث حول تصغير دور الحكومات ونظم الحكم الذاتي، فربما كان هناك اليوم في العالم من التوجيه الرسمي والسياسي أكثر مما كان قبلا . هناك قوة مركزية، هناك سلطة، هناك هيراركية. هناك، باديء ذي بدء، دول قومية أكثر. لم تعد هذه الدول البلادَ الحصينة ذات

السيادة مثلما كانت (أو التي ظنت يوما أنهـا كـانت)، لكنهـا لا تـزال تقـوم بنصيب كبير من الحكم. هي تسن القوانين وتفرضها، وتجمع الضرائب، وتبني الجيوش، وتنظم التجارة. وهي تصنع المنظمـات الدوليـة وتستخدمها – مثـل منظمة الأمم المتحدة ومنظمة التجارة العالمية. وهي أيضا تصنع ما شئت مـن "نظم" دولية من خلال آليـاتٍ مثـل معاهدة قـانون البحـار. لا تـزال الـدول القومية حية وفي صحة جيدة، لا يهددها خطر أن تتلاشى كما تصور البعـض من المستقبليين المتهورين.

لكنها لا تحتكر التوجيه. التروي وصناعة القرار بل وحتى وضع السياسـة: كل هذه تمر بمستويات عديدة، في الكثير من الأماكن، ويشترك فيها ما شئت من مشتركين. لقد غـدا واضحـا منـذ عقـود أن الشـركات عـابرة القوميـات تنافس الدول القومية كمؤسسات حاكمـة. ذُهِـل مراقبـو السياسـة الكرضيـة مؤخراً من النمـو الهـائل للمنظمـات غـير الحكوميـة (م غ ح) المهتمـة بـأمور كالتلوث وحقوق الإنسان وقضايا المرأة – نمو في العدد، نمو في الحجم، نمو في النفـوذ. مـر زمـان كـانت فيـه المؤتمـرات الدوليـة جموعـاً مـن السياسـيين والدبلوماسيين، أما الآن فإنها تتجه لكي تصبح كاجتماعـات مجلـس المدينـة، إنما كرضيا – لَمَّة من النشطاء ذوي الاهتمامات العامة مع غيرهم من الممثلين غير الحكوميين. ذكر لي أحد مسئولي الأمم المتحدة أن أكثر من ١٢٠٠ م غ ح قد شهدت مؤتمر القاهرة للسكان. هذا هو عدد **المنظمات**، لكن معظمهـا قد مثله عدد من الأفراد. تنخرط م غ ح كثيرا في صناعة السياسـة على كـل مستويات التوجيه – وهي في الأغلب لا تؤثر فقط، إنما تكون لها سـلطة. بـل إن للمنظمات غير الحكومية المحلية في بعـض الـدول الناميـة أهميـةً أكـثر مـن الحكومات المحلية. وقد يكون ثمة توجيه في هذه الحالـة الأخـيرة مـن تحـت إلى فوق، لكن التطبيق يتم على الأغلب بتمويل من فوق إلى تحت من مؤسسـات كالكنائس ورجال الأعمال – والحكومات. في قمة كوبنهاجن سنة ١٩٩٥ أعلن آل جور نـائب الرئيـس الأمريكـي أن إدارة الرئيـس كلينتـون ستبدأ في

توجيه نحو نصف مساعداتها الخارجية عن طريق المنظمات الخاصة – يعني م غ ح – لا من خلال الحكومات.

ثم هناك مؤسسات أخرى يمكن أن توصف حقا بأنها شبكات – ليس لها برلمانات، ولا دساتير، ولا حتى قادة بالمعنى التقليدي، ولكنها رغم ذلك أجزاء من نظام توجيه كرضي. ولعل أفضل مثال هو سوق العملة الدولي، الذي يتعامل في كل يوم حول العالم بما قيمته ترليون دولار – لم ينشأ هذا النظام الإلكتروني الكرضي الهائل ليؤثر في السياسة، وإنما للشراء والبيع – لكنه أصبح قوة فعلية تسهم في تحديد قيمة العملات. والواقع أن الحكومات لا تسيطر سيطرة كاملة على عملاتها، لا هي ولا أي منظمة دولية رسمية أو أي اتحاد بين الدول. وكما قالها والتر ريستون في كتابه "غروب السلطة": تقيَّم الحكومات كلها الآن بمعيار المعلومات مثلما كانت قبلا تقيم بمعيار الذهب :

الأسواق آلات تصويت تعمل عن طريق الاستفتاء . تحدِّد الآن أسعار العملات في سوق مال العالم الجديد باستفتاء عام مستمر بين الآلاف من تجار العملة، في مئات من غرف التجارة حول الكرة الأرضية، كلها متصلة مع بعضها بشبكة إلكترونية هائلة توفر لكل تاجر سبيلاً فوريا إلى المعلومات عن أي عامل قد يؤثر في السعر. وهذا الاستفتاء المستمر يجعل مهمة البنوك المركزية والحكومات أصعب في التأثير على سعر العملات.

وكل ضروب نظم المعلومات هي الآن أجزاء من نظام توجيه كرضي. تنقل ميديا الأنباء الكرضية أكثر بكثير من الأنباء المحلية، فهي تأتي بوقائع من أقصى العالم إلى حجرات الجلوس في مازلنا ، وهي تخلّق الأوغاد والأبطال ، وهي تتدخل في تحديد ما نهتم به من قضايا وما نهمله. ثمة دراسة عن الدور المتعاظم "لحوادث الميديا" يُفيِّيء ثلاثة أنواع من الحوادث – المباريات ، والفتوحات ، والتتويجات – كلها " مخطوطة " للاستهلاك العام : والكثير من

هذه قد أصبح الآن وقائع كرضية . أما تغيير الدراسة **بالمباريات** فهي وقائع مثل الألعاب الأوليمبية. وأما فئة **الفتوحات** فتضم الوقائع البطولية ، مثل واقعة المشي على سطح القمر لأول مرة ، ومثل المعارك الحقيقية في حرب العراق . أما **التتويجات** فهي الاحتفالات المشهورة ، مثل حفل زواج الأمير تشارلس في انجلترا ، وهي واقعة حظيت بأكبر عدد من المشاهدين في التاريخ . أما الأنواع الأخرى من الحوادث – الكوارث الطبيعية ، الأعمال الإرهابية ، الجرائم البشعة ، الفضائح السياسية – فهي تتفجر في بيئتها المحلية وتصبح لفترة من الوقت شأنَ كل الناس. وهذه الوقائع بمعنى ما من صنع الثقافة الكرضية . وهي تشكل أيضا مسرح السياسة الكرضية . لم تعد توقعات النجاح متألقة هذه الأيام بالنسبة لقائد سياسي لا يميل إلى التمثيل على هذا المسرح – أو إلى الإخراج وكتابة التمثيليات .

أما الأجزاء من نظام المعلومات الكرضي الذي لا يوليه علماء السياسة إلا قليل الاعتبار فهي تلك التي أعتقد أننا سندرك أنها الأعم – شبكات البيومعلومات المتنامية المتزايدة التشابك للمستشعِرات عن بعد، والباحثات، وبنوك البيانات، وبنوك المعلومات، ومراقِبات المحيطات والهواء واليابسة وعشائر الحيوانات. ستقوم هذه، في تحضير جدول أعمال القرن الحادي والعشرين، بدور أكبر من دور كل ما يحرك السياسة العالمية ويهزها من عوامل أكثر تقليدية – لأنها حقا نظم تعليم، وستظل تدفعنا إلى إدراكٍ أكبر بأن التوجيه البشري لا ينفصل عن حياة المحيط الحيوي.

وأما مصطلح "النظام العالمي الجديد" فلم يعد يحمل الكثير من المعنى – لاسيما بعد أن فشلت المؤسسات الدولية في إقامة ما يقتضيه المصطلح من سلام عالمي في عصر ما بعد الحرب الباردة – لكن هناك نظاماً للتوجيه دوليا جديدا ينشأ الآن. وهو لن ينشأ بإجراء واحد مفرد كما أُنشئت منظمة الأمم المتحدة منذ نصف قرن – تبدو رؤيا التنظيم الذاتي ملائمة هنا – وإنما بالعديد من إجراءات متشابكة. يتضمن النظام: الدول القومية، المنظمات

الدوليةالرسمية، الأعمال متعددة الجنسية، المنظمات غير الحكومية من كل ضرب، الشبكات كمثل سوق العملة العالمي، الميديا الكرضية للأنباء والتسلية، والمحيط العقلي الكبير من شبكات البيومعلومات الذي يطوّق العالم.

قام معهد ميريديان الأمريكي الكندي في السنين الأخيرة، بالاشتراك مع منظمات أخري ذات علاقة، قام برعاية بضعة مؤتمرات عن موضوع "التوجيه الكرضي"، جُمع فيها أناس من فروع مختلفة من المعرفة واتجاهات، في محاولة لفهمه. تَدَامَج تفكيرنا بالتدريج حول الاقتراح القائل بوجود ثلاث رؤى مختلفة متنافسة لما يحدث ولما يلزم أن يحدث. أما الأولى فهي رؤيا **التمركز حول الدولة** لعالم تحكمه - مثلما كان الحكم في القرن الماضي - دول قومية ذات سيادة باسم المصلحة القومية، تُحْكَم بالقانون والمعاهدات وسياسة السلطة. وكتاب "دبلوماسية" لهنري كيسنجر وزير الخارجية الأمريكية الأسبق يعتبر التعبير الفصيح عن هذه النظرة العالمية. والثانية هي رؤيا **التمركز حول العالم** لتكوين حكومة رئيسية رفيعة، إما بتوسيع الأمم المتحدة، أو - كما يفضل فيدراليو العالم - بوضع دستور كرضي وتأسيس نظام جديد من لا شيء. أما الأخيرة فهي رؤيا **التمركز المتعدد** لمنظمات متعددة من أنواع متعددة، تتراكب وتتداخل، تتّخذ فيها القرارات في أماكن عديدة. أطلق مختلف المشتركين على هذا النظام أسماء مختلفة. أطلق جيمس روزينا عالم السياسة عليه اسم "نظام متعدد الملوك"، وأطلق عليه هارلان كليفلاند الدبلوماسي المستقبلي اسم عالم "بلا مسئول عام"، وأسمته الأنثروبولوجية ماري كاترين بيتسون "نظام عالمي غامض"، أما أنا فأفضل أن أسميه "إيكولوجيا التوجيه"، التي تصف مزيجا ديناميكيا من المنظمات والأفراد أشبه بالنظم الإيكولوجية - هو بالتأكيد ليس نظاما ثابتا، لأن أجزاءه لاتني تتغير وكذا النظام ككل، وله خصائص ذاتيات التنظيم، لكنه ليس تماما تحت فوقيّ: فمن بين أجزائه العديد من اللاعبين - كالكنيسة الكاثوليكية، والدول القومية الأوتوقراطية، ولجان الكونجرس الأمريكي، والكثير من الشركات

والمنظمات الخاصة، وجيوش في كل مكان - لاعبين تحكمهم أفكار عن السلطة أكثرُ محافظةً.

بحثا عن قصة

إذا كان لي أن ألخص العمليات التطورية المختلفة التي ناقشناها، وأن أجملها جميعا في جملة واحدة عما يحدث لجنسنا البشري، قلت إننا نشهد تحولاً في الحدود بين ما هو مفروض وما هو مصنوع.

فعلى طول التاريخ عرف الناس خطا فاصلا ما بين العالم المفروض والعالم المصنوع: بين مجالات الحياة التي فهموا أنها تصلهم ببساطة - من الطبيعة، من التقاليد، بحكم الظروف - وبين تلك التي يمكن لحد ما أن يشكلوها حسب حاجاتهم ورغباتهم. عاشت الغالبية العظمى من الناس في مجتمعات يسيطرعليها المفروضُ، وقَبِلوا ما يصطحبه من راحة وقيود. لكنْ هنا وهناك - في أوروبا مثلا أثناء عصر النهضة - تحركت الحدود، وتملك الناس إحساس بهيج بما هو ممكن، ولقد يتضح هذا بجلاء في أعمال كتاب عصر النهضة من أمثال سيلليني وميكيافيلي وبيكو ديلا ميراندولا. شعروا أن الحياة لهم، يتعلقون بها **ويصنعونها**. وعن هذا الشعور تدفق الابداع الهائل في الفن والفلسفة والتوجيه.

ولدينا اليوم من الإمكانيات ما يخجل أمامه عصر النهضة.

رأينا في التاريخ الحديث، ولا زلنا نرى ، تحولاً مباغتا دراميا للحدود القديمة، توسعاً هائلا لمساحة الحياة يمكننا فيها (بل وفي كثير من الأحيان، لابد لنا فيها) أن نختار وأن نبدع وأن نشيّد، تحولاً يدفعه التغير في المعلومات والتكنولوجيات. ثم إن الربط الحميم المتزايد ما بين تكنولوجياتنا وحياتنا العضوية لا يقلل من حرية الأنسان وقدرته، بل يكون الأثر على عكس ذلك تماما. إنه يحول وجودنا الشخصي مثلما السياسي. تمكّننا تكنولوجيات تنظيم

النسل من اختيار مَنْ سيبدأ الحياة، أما خيارات "الحق في الموت" فتمكّننا من أن نختار متى وكيف ننهي الحياة. الناس يبتدعون النظم الإيكولوجية ويديرونها، الجنس البشري بسرعة يتحول ليصبح مسئولاً عن إدارة المحيط الحيوي برمته. بل إن الناس الآن يختارون، وهم مدركين، ما يعتقدون أنه الحقيقي، ثم المدى الذي يذهبون إليه في اعتقاداتهم. يختارون القيم التي بها يلتزمون ودرجة تمسكهم بها، يختارون الشعائر التي يقيمونها، يختارون الزُمَر التي إليها ينتمون وبها يتأثرون. كان البعض من هذه التغيرات يعمل بالعالم منذ قرون، لكن لم يسبق أن حدث في التاريخ ما يقارَن بما حدث في عصرنا من تزايد في قدرة الانسان على تشكيل بيئته الفيزيقية والثقافية.

وهذا بالطبع يكون أوضح ما يكون في المجتمعات الصناعية المتقدمة. الحريات والقوى الجديدة (وما يصحبها من هموم خاصة) لا توزَّع – مثل كل شيء آخر في هذا العالم – التوزيع العادل. لكن كل هذا اللاإنصاف لا يجب أن يغرينا إلى الاعتقاد بأن تحول الحدود لا يحدث إلا في المناطق الأكثر تقدما في التكنولوجيا والتعددية. فإذا اعتقدت هذا، فالأغلب أنْ ستسيء فهم ما يحدث للشعوب البعيدة البدائية إذ تكافح لإدارة بيئاتها وإعادة ابتداع ثقافتها التقليدية – لصناعة عالمها، إن أردت. إنه يحدث لكل الناس.

إننا جميعا نصنع العالم، شئنا أم أبينا. والكثيرون منا لا يحبون ذلك. نظل نفتش عما سببته ممارساتُ الانسان لجبروته من دمار بشع للطبيعة، وعن الكرب المؤلم الذي حل مع الحرية الجديدة لتشكيل الحياة الشخصية والاجتماعية، ثم نتساءل عما إذا كان ثمة سبيل نرد به التطور إلى الوراء.

تشكل التحركات إلى الخلف جزءاً هاما من السياسات المعاصرة. لكل دولة متقدمة قواها الرجعية – التي تتخذ عادة صورتين مختلفتين، وتتنكّب السلاح ضد سلالات التطور المختلفة، هناك إلى اليمين الرجعيون الذين يقفون ضد التغير الثقافي، الذين ينشدون عصرا ذهبيا موهوماً من النقاء القَبَلي أو

الوطني. وهناك إلى اليسار الرجعيون الذين يقفون ضد التغير التكنولوجي، الذين ينشدون عصرا ذهبيا موهوماً من الاستقرار البيئي. لكن، أيا كان ما يقوم به الناس، متهورين، من أفعال سيكولوجية وسياسية يسميها المحلل النفساني إريخ فروم "هروبا من الحرية"، فإننا لا نهرب أبداً من مصيرنا الفريد.

ومع تزايد البيومعلومات، يُدفع الناس إلى إدراك أنهم قادرون بل ويقومون بتغيير البيئات الفيزيقية للحياة من حولهم. وهم يصبحون أيضا أكثر إدراكا بقدرتهم على الاشتراك في تشييد البيئة الرمزية، يصبحون كذلك لأنهم يعيشون في مجتمعات متقلبة تعددية وسط قراع بين الثقافات والثقافات المضادة – يدركون أن النسيج الخفي البالغ الأهمية من القيم والمعتقدات والمغزى الذي يمنح حياتهم شكلا، والمؤسسات الرسمية للتوجيه التي تبني مجتمعاتهم، كلها تخضع لأن يُعاد تشكيلها بأيدي آخرين.

الآن فقط، والقرن العشرون على وشك أن ينتهي، الآن أصبحنا قادرين على أن نجمع الأجزاء سويا، ونلقى لأول مرة في التاريخ نظرةً تحبس الأنفاس على التحول الذي يتشكل وتتزايد سرعته عبر العصر الحديث. إنه تحول إلى عالم يصبح فيه الناس مسئولين عن البيئات الفيزيقية والرمزية التي يحيون فيها: عالم لا تهبط عليهم فيه الإيكولوجيا ولا الثقافة – لا الطبع ولا التطبع. وربما كان هذا أصعب ما اضطلع به الانسان من تحولات، لا ولن يخفف منه إدراكنا، الذي أخذ الآن يلوح، بأننا فعلا نضطلع به. وسيكون إكمال هذا التحول هو النشاط السائد في بقية التسعينات وفي القرن الواحد والعشرين.

سيتم العمل معظمه – عند الكثيرين – على المستوى المحلي. سيتضمن تشكيل وإعادة تشكيل مجتمعات محلية ونظم إيكولوجية إقليمية – ربما لا أكثر من الاحتفاظ بدار أو عائلة أو أسلوب حياة. لكن لن يُسمح لأحد بترف الانفصال عن النظم، النظم الكرضية بالذات. عندما صاغ البيولوجي المرحوم

رينيه دوبو عبارته "تصرف محليا وفكر كرضيا"، التقطها الناس ودارت بينهم كشعار جميلِ الجرسِ ذي تأثير غامض مُلْهِم - لكنهم تصوروا أنها مجرد نصيحة تأخذها أو تهملها. وها نحن نكتشف أنك لا تستطيع أن تنجو إذا لم تفكر كرضيا. أصبح شعار دوبو دليل عصرنا، لكنه - في نفس اللحظة التي يحظى فيها بالقبول العام - يوحي بأنه على وشك الزوال. أما الحقيقة الكبرى التي تتجلى الآن فهي أن التمييز بين المحلي والكرضي لم يعد يعني الكثير - لا، ليس في عالم سكانه يتنقلون، أمواله وسلعه ومعلوماته تتدفق في حرية، والقلق حول مواضيع كتغير المناخ يشق طريقه إلى أفكارنا اليومية. نحن نتصرف محليا وكرضيا في آن، ونجد صعوبة شديدة في أن نجد فكرة أو عملاً محليا خالصا أو كرضيا خالصا.

عبر العقدين الماضيين، كان من العصرية أن تقول إننا دخلنا "عصر الحدود"، وأنَّ علينا أن نتعلم أن نحيا داخل مجال كامل من القيود الحديثة (أو المكتَشَفة حديثا) مثل محدودية الموارد وقدرة النظم الإيكولوجية على امتصاص الملوثات. في هذا بعض الحقيقة، لكن الوضع قد أسيء فهمه تماما. المؤكد أن خياراتنا ليست أقل، لا ولا قدراتنا، لا فرديا ولا جماعيا. على العكس، لدينا منها أكثر بكثير. فكلما واجهتنا حدود، تولدت خيارات أكثر، ومضينا نكتشف قوى جديدة ونكتشف الحاجة إلى استجابات نشطة. العالم إذن لا يصطدم بحائط بقدر ما هو يتقدم إلى مرحلة - لا نرى لها نهاية - من الإعادة المستمرة لتعريف الممكن. الجنس البشري، بالتغير التكنولوجي، يدخل حقلا جديدا: لا مرة واحدة، وإنما المرة بعد المرة.

أصبح التطبيق الصحيح للمعلومات لحل المشاكل هو التحدي الأكبر لعصرنا. إنه لا يبرر الإيمان البسيط "بإصلاح تكنولوجي" سهل، لا ولا هو يبرر أيضا الرفض البسيط للتكنولوجيا، وإنما هو يدفع الناس والمنظمات والحكومات في كل مكان للتعلم، كما لو كانت حياتهم تتوقف عليه - لأنها تتوقف عليه.

ولا نحن نرى نهاية لعملية التعلم هذه، إذ يبدو أن الاكتشافات العلمية والتكنولوجية الحديثة إنما تفتح آفاقا أكثر لما يلزم جديدا أن نتعلمه. لا ولا تبدو في الأفق نقطة نهاية للتعلم عن التعلم - أن نتعلم ألاّ تغرقنا المعلومات، أن نفهم كيف نطبقها، أن نطوّر إحساساً أفضل بالمجازفات والمثالب، أن نقدر المخاطر التي قد تنجم عن أي استخدام - أو عدم استخدام - للتكنولوجيا.

أخطار كبار، إمكانات كبار. الكثير لنتعلمه، الكثير لنفعله. طيِّبٌ هذا الزمان للحياة !

معجم المصطلحات الإنجليزية
(أ) أنجليـزى - عربـى

(A)

accelerator	مُعَجِّل
activist(s)	نَشِط (نشطاء)
adaptation	تكيُّف
agroforestry	الزراعة الغابائية
alchemy	خيمياء
alder	(شجرة) الحور الرومى
Alzeimer	(مرض) الزهايمر
amniocentesis	ثَقْب السَّلَى
antelope	تَيْتَل
anthropocentrism	إنْسـمركزية - مركزية الإنسان
antibody	جسم مضاد
antigen	أنتيجين
antisense technology	تكنولوچيا التعطيل
apes	قِرَدة عليا

archaeologist	آثارى
asteroid	نجيمة
atmoshpere	الغلاف الجوى (للأرض)
atomization	ترذيذ
augmentation	زَيْد
augmented	مَزيد
australopithecus	القرد الجنوبى
automation	أتْمَتَة

(B)

banking	تبنيك
barrens	القاحلات
barysphere	الغلاف الفلزى الثقيل (للأرض)
biochip	رقاقة بيولوچية
bioelectronic	بيوإلكترونى
bioinformation	بيومعلومات ـ معلومات بيولوچية
biologicals	مستحضرات بيولوچية
biomass	كتلة حيوية
biomedical	بيوطبى
biomining	تعين بيولوچى
binary digit	بيتة
bionic	بَيونى - بيوإلكترونى

bioinics	بيونيا - بيوإلكترونيات
bioregionalism	بيوإقليمية ، إقليمية بيولوچية
bioremediation	تنظيف بيولوچى
biosensor	مُستَشعِر بيولوچى
biosphere	بيوسفير - المحيط الحيوى
biotechnic	بيوتقنى
biotechnology	بيوتكنولوچيا
birch	(شجرة) البتولا
birth control	تنظيم النسل
bit (s) [binary digit (s)]	بِتَة (بِتات)
blenny	(سمكة) البلينى
bodynet	شبكة الجسم
breakthrough	فَتْح
breeding, plant	تربية النبات
bypass	مَجَازة

(C)

caribou	(حيوان) الرَّنَّة
carnivores	لاحِمَات
carrier	حامل (للجين)
cash crops	محاصيل نقدية
catalyst	حَفَّاز

cat scan	مَسْح مقطعى
CD-ROM (Compact Disk Read Only Memory)	قرص ذاكرة للقراءة فقط
CFC (Chloroflorocarbon)	ك ف ك (كلوروفلوروكربونات)
chaos	شواش
chicken pox	جديرى الماء
chip	رقاقة
Chy-Max	كاى ماكس
CIMMYT	مركز السيميت (بالمكسيك)
clone	كُلُون، كَلْوَن
combinatorial (chemistry)	(كيمياء) توفيقية
comet	مُذَنَّب
compatmentalize	فَيَّأ (يُفَيىء)
compatibility	تَوَافق
computer	كمبيوتر
computerization	كَمْتَرَة
computerize	كَمْتَرَ (يُكَمْتِر)
condor	النَّسْر الفَحَّاح
conservation	صيانـــة
coservationist	صيانـــى
contraception	منع الحمل

convergence	تلاقى ـ لقاء
cottonwood	شجرة الحَوْر الأمريكى
cougar	أسد الجبل
cowpox	جدرى البقر
crane	كُرْكى
cultivar	سلالة زراعية
cursor	شعـــرة
cybernation	سَيْبَرة
cybernate	سَيْبَرَ (يُسَيْبِر)
cybernetic	سَيْبرى
cybernetics	سَيْبر نطيقا
cyclosporin A	سيكلوسبورين أ
cystic fibrosis	مرض التليف الكيسى

(D)

data	بيانات
data bases	قواعد البيانات
deep ecology	الإيكولوچيا الغويطة
defect	عيب
demoratization	دَقْرَطَة
demography	ديموغرافيا
design proteins	بروتينات تفصيل

detergent	منظِّف
determinism	حتمية
diabetes	مرض السكّر
diagnosis	تشخيص
dialysis	دَيْلَزَة
diversity, genetic	تنوع وراثى
DNA (deoxyribonucleic acid)	دنـــا
donor	واهب
Down syndrome	متلازمة داون
Draize test	اختبار دريز
dysgenics	ديسجينيا

(E)

ecology	إيكولوچيا
ecosystem	نظام إيكولوچى
electroencephalograph	مَرْسَمَة موجات الدماغ
EMG (electromyography)	الرسم العضلى الكهربائى
electrophoresis	تفريد كهربائى
elk	أيِّــل
e-mail	بريد إلكترونى
emergent	طارئ
emphysema	إمفزيما ـ انتفاخ الرئة

enkephalin	إنكفالين
environment	بيئة
environmentalism	بيئيّة
environmentalist	بيئى
erosion, genetic	تآكل (وراثى)
eugenics	يوجينيا
euthanasia	القتل الرحيم
evolution	تطور
exosomatic	خارج الجسد
exotic	مُسْتَجلَب

(F)

far green	الخُضر الدُكْن
funa	فونا
FDA (food & drug administration)	م غ د (مصلحة الغذاء والدواء)
feedback	تغذية مرتدة
feedstock (crops)	(محاصيل) مغذية
flora	فلورا
fragmentation	تشظية
futurist	مستقبلى

gaia	جايا
gathering	لَمَّة
GATT	الجات
gender	جندر
gene	جين
gene pool	مستودع جينى
gene therapy	العلاج بالجينات
genetics	علم الوراثة
geneware	العتاد الجينى
geophysical	جيوفيزيقى
geopshere (= lithosphere)	الغلاف الصخرى (للأرض)
germline	الخط الجرثومى
germplasm	البلازما الجرثومية
global	كُرْضى
globalization	تكريض
globalize	كَرَّضَ (يُكَرِّض)
governance	توجيه
green	الخُضْر
greenhouseeffect	ظاهرة الصوبة
greening	تخضير

(H)

hardware	عتاد
harmony	توافق
hermaphrodite	خنثى
hierarchy	هيراركية
homonids	أشباه الإنســان
HOT (health oriented telecommunication)	هوت (الاتصالات الموجهة نحو الصحة)
humanistic	إنســانى
humulin	هيومولين
hybridoma	هيبريدومة
hydrosphere	الغلاف المائى (للأرض)

(I)

ICRISAT	إكريسات (المعهد الدولى لبحوث محاصيل المناطقة شبه الجافة)
ICT (information communication technology)	تكنولوجيا المعلومات/ الاتصالات
ideologue	مُتَمَذْهِب
imaging	صَوْرِيّة
immunization	تحصين
immunology	علم المناعة
implants	مغروسات

inbreeding	تربية داخلية
indigo	صبغة النيلة
informatics	المعلوماتية
information	معلومات
informatization	أعلَمَة
infotech	إنفوتكنولوچيا ـ تكنولوچيا المعلومات
inoculation	تطعيم
in sito	فى الموقع
insulin	إنسولين
interferon	إنترفيرون
interleukin	إنترلوكين
internet	إنترنت
in vivo	فى الحى
in vitro	فى الأنبوب
IRRI	إيِّرى (معهد بحوث الأرز بالفلبين)
itemize	فَيَّأ (يفيِّىء)

(J)

jack pine	الصنوبر الأمريكى

(K)

kit	عــدة

(L)

landrace	صنف بلدى
leishmaniasis	(داء) الليشمانيا
leukemia	لوكيما
lfie expectancy	أجل متوقع
life span	طول العمر
lignocellulose	سليولوز خشبى
lithosphere (= geoshpere)	الغلاف الصخرى (للأرض)
lobby	دهليز ـ دَهْلَزَ (يُدَهْلِز)
lobbying	دَهْلَزَة
logo	لوجو

(M)

macroecology	ماكروإيكولوجيا
manic depression	هَوَس اكتئابى
manipulate	نَابَلَ (يُنَابِل)
manipulation	مُنَابَلَة
mapping	خَرْطَنَة
marker	وَاسِم
media	ميديا ـ أجهزة الإعلام
metabolism	أَيْــض
metatheories	ما بعد النظريات

miasma	ميازما
millet	دُخْـن
mimic viruses	محاكيات الفيروسات
mode	نَسَق
modeling	نَمْذَجَة
monoclonal antibodies	أجسام مضادة نقية
monoculture	الزراعة الأحادية
moose	أيِّل الشمال

(N)

NAFTA	نافتا
nanotechnology	نانوتكنولوجيا
nation state	دولة قومية
nerd	شخص تافه
NGO(non governmental organization)	م غ ح (منظمة غير حكومية)
noosphere	المحيط العقلي
not noticing syndrome	متلازمة «إنا لا نلاحظ»

(O)

oncomouse	فأر السـرطان
optic fibres	ألياف بصرية
ore	ركاز

organic farming	الزراعة العضوية

(P)

pacemaker	ضابط النبض
panther	النمر الأرقط
PCR (polymerase chain reaction)	تفاعل البوليميريز المتسلسل
pearl millet	دُخن لؤلؤى
pharm	مزرعة صيدلية
pharmaceutical	مستحضرات صيدلية
pharmacology	علم العقاقير
phytoplankton	بلانكتون نباتى
pine	صنوبر
plankton	بلانكتون
plaque	لطخة
polio	شلل الأطفال
pool, gene	مستودع چينى
postmodernism	ما بعد الحداثة
pox	جدرى
primates	الرئيسات
procubine	أبو شوك ، الشيهم (حيوان)
projection	إسقاط

proprioceptor	مستقبل الحس العميق
prostaglandin	بروستاجلاِندين
prosthesis = prosthetics	جراحة ترقيعية
public purse	بيت المال

(Q)

quark	كوارك

(R)

racism	عُنصرية
recombinant DNA	دنا مطعم، دنا مطعوم
recycling	إعادة تدوير
regionalism	إقليمية
rescue, genetic	إنقاذ وراثى
retovirus	فيروس ارتجاعى
robot	إنسَالِى
robotization	أَنْسَلَة
robotize	أَنْسَلَ (يُؤَنْسِل)

(S)

satellite	قمر اصطناعى
scanning	مسح
scattering	استطارة

SCID (severe combined immunodeficiency)	مرض نقص المناعة الحاد المشترك
semiconductor	شبه موصل
sensor	مُسْتَشْعِر
sequence	تَتَابُع، سَلْسَلَ (يُسَلْسِل)
sequencing	سَلْسَلَة
sexism	جنسانية
simulation	محاكاة
sociobiologist	سوسيوبيولوجى
software	برمجيات
sorghum	ذرة عويجة
specificity	نوعية
sperm	حَيْمَن (حيوان منوى)
spruce	التَنوب الفضى (شجرة)
strain	سلالة
subnational	تحت قومية
supernational	فوق قومية
sustainable	متواصل
surrogate (mother)	(أم) بديلة
symbiosis	تعايش
syndrome	متلازمة

synthesis	تمثيل
system (s)	نظام (ج: نُظُم)

(T)

Tay-Sachs	تاى ساكس (مرض)
T-cells	خلايا ـ ت
tertiary	الحقب الثالث
text	نَصّ
think tank	مستودع فكرى
Tierra	تييراً
tissue culture	زراعة الأنسجة
tobacco	الطباق، التبغ (نبات)
totem	طُوطَم
totemism	طُوطَمية
TPA (tissue plasminogen activator)	منشط بلازمينوچين الأنسجة
transgenic	عبرچينى
transplantation	ازدراع
transeexual	عبر جنسى
trumpeter	بَوّاق (طائر)

(V)

vaccination	تطعيم

variety	سلالة
variola	جدرى
virtual reality	الواقع التخيلى
virus	فيروس
visual imagery	التصور الذهنى البصرى
visiographic	بصرى تصويرى

(W, X)

whooping cough	السعال الديكى
whooping crane	الكُرْكى الشهاق (طائر)
wrasse	اللبروس (سمكة)
WWW (world wide web)	شبكة العالم أجمع
X-rays	أشعة إكس، الأشعة السينية

(ب) عربي ـ أنجليزي

(أ)

أبو شوك (شيهم)	procubine
أتمتة	automation
آثاري	archaeologist
أجسام مضادة نقية	monoclonal antibodies
أجل متوقع	life expectancy
أجهزة الإعلام	media
اختبار دريز	Draize test
ازدراع	transplantation
استطارة	scattering
أسد الجبل	cougar
إسقاط	projection
أشباه الإنسان	homonids
أشعة إكس ـ أشعة سينية	X-rays
إعادة تدوير	recycling
أعلمة	informatization
إقليمية	regionalism

إقليمية بيولوچية (بيوإقليمية)	bioregionalism
إكريسات (المعهد الدولى لبحوث المحاصيل بالمناطق شبه الجافة)	ICRISAT
ألزهايمر، مرض	Alzheimer
ألياف بصرية	optic fibres
أم بديلة	surrogate mother
إمفزيما، انتفاخ الرئة	emphysema
إنترفيرون	interferon
إنترلوكين	interleukin
إنترنت	internet
انتفاخ الرئة، إمفزيما	emphysema
أنتيجين	antigen
إنسـالى	robot
إنسانى	humanistic
إنسولين	insulin
أنْسَلَ (يؤنسل)	robotize
أنْسَلَة	robotization
إنـسمركزية (مركزية الإنسان)	anthropocentrism
إنفوتكنولوچيا (تكنولوچيا المعلومات)	infotech
إنقاذ وراثى	genetic rescue
إنكفالين	enkephalin

أيــض	metabolism
إيكولوچيا	ecology
الإيكولوچيا الغويطة	deep ecology
أيّل	elk
أيّل الشمال	moose

(ب)

البتولا، شجرة	birch
بديلة، أ	surrogate mother
بروتينات تفصيل	design proteins
بروستاجلاندين	prostaglandin
برمجيّات	software
بريد إلكترونى	e-mail
بصرى تصويرى	visuographic
بلازما جرثومية	germplasm
بلانكتون	plankton
بلانكتون نباتى	phytoplankton
البلينى، سمكة	blenny
بَوّاق	trumpeter
بيانات	data
بيئة	environment
بيئى	environmentalist

environmentalism	بيئية
public purse	بيت المال
bit (s) [binary digit]	بتة (ج: بيتات)
bioreginalism	بيوإقليمية
biotechnic	بيوتقنى
biotechnology	بيوتكنولوجيا
biosphere	بيوسفير (المحيط الحيوى)
biomedical	بيوطبى
bioinformation	بيومعلومات (معلومات بيولوجية)
bionic	بيوإلكتروني (بيونى)
bionic	بيونى (بيوإلكترونى)
bionics	بيونيا (بيو إلكترونيات)

(ت)

genetic erosion	تآكل وراثى
Tay - Sachs	تاى ساكس (مرض)
tobacco	تبغ (نبات)
banking	تبنيك
sequence	تتابع
subnational	تحت قومية
immunization	تحصين
greening	تخضير

inbreeding	تربية داخلية
plant breeding	تربية النبات
atomization	تزذيذ
diagnosis	تشخيص
fragmentation	تشظية
visual imagery	التصور الذهنى البصرى
inoculation, vaccination	تطعيم
evolution	تطور
symbiosis	تعايش
biomining	تعدين بيولوجى
feedback	تغذية مرتدة
PCR (polymerase chain reaction)	تفاعل البوليميريز المتسلسل
electrophoresis	تفريد كهربائى
globalization	تكريض
antisense technology	تكنولوچيا التعطيل
infotech	تكنولوچيا المعلومات (إنفوتكنولوچيا)
ICT (information/communication technology)	تكنولوچيا المعلومات/ الاتصالات
adaptation	تكيف
convergence	تلاقى (لقاء)
cystic fibrosis	التليف الكيسى، (مرض)

synthesis	تمثيل
bioremediation	تنظيف بيولوچى
birth control	تنظيم النسل
spruce	التنوب الفضى، شجرة
genetic diversity	تنوع وراثى
compatibility, harmony	توافق
governance	توجيه
combinatorial chemistry	توفيقية، كيمياء
antelope	تيتل
Tierra	تيرًا

(ث)

amniocentesis	ثَقْب السَّلَى

(ج)

GATT	الجات
gaia	جايا
pox, viriola	جدرى
cow pox	جدرى البقر
chicken pox	جديرى الماء
prosthetics, prosthesis	جراحة ترقيعية
antibody	جسم مضاد

جندر	gender
جنسانية	sexism
جين	gene
جيوفيزيقى	geophysical

(ح)

حامل (للجين)	carrier
حتمية	determinism
حفَّاز	catalyst
الحقب الثالث	tertiary
الحور الأمريكى، شجرة	cottonwood
الحور الرومى، شجرة	alder
حيمن (حيوان منوى)	Sperm

(خ)

خارج الجسد	exosomatic
خَرْطَنَة	mapping
الخُضْر	green
الخُضر الدُّكْن	far green
الخط الجرثومى	germline
خلايا ت	T-cells
خنثى	hermaphrodite
خيمياء	alchemy

(د)

دُخْن	millet
دُخْن لؤلؤى	pearl millet
دَقْرَطة	democratization
دنـــا	DNA
دنا مُطَعّم، دنا مطعوم -	recombinant DNA
دَهْلَزَ (يدهْلِز)	lobby
دهليز	lobby
دَهْلَزَة	lobbying
دولة قومية	nation state
ديسجينيا	dysgenics
دَيْلَزة	dialysis
ديموغرافيا	demography

(ذ)

ذرة عويجة	sorghum

(ر)

الرئيسات	primates
الرسم العضلى الكهربائى	EMC (electromyography)
رقاقة	chip
رقاقة بيولوچية	biochip
ركاز	ore

caribou	الرّنة، حيوان

(ز)

monoculture	الزراعة الأحادية
tissue culture	زراعة الأنسجة
organic farming	الزراعة العضوية
agroforestry	الزراعة الغاباتية
augmentation	زَيْد

(س)

whooping cough	السعال الديكى
strain, variety	سلالة
cultivar	سلالة زراعية
sequence	سَلْسَل (يسَلْسِل)
sequence	سِلْسِلَة
sequencing	سَلْسَلَة
lignocellulose	السليولوز الخشبى
sybernate	سَيْبَرَ (يسيبر)
cybernation	سَيْبَرَة
cyberneties	سَيْبَرنطيقا
cyclosporin A	سيكلوسبورين أ
sociobiologist	سيوسيولبيوجى

(ش)

شبكة الجسم	bodynet
شبكة العالم أجمع	WWW (World wide Web)
شبه موصّل	semiconductor
شخص تافه	nerd
شعرة	cursor
شلل الأطفال	polio
شواش	chaos
شيهم (أبو شوك)	procubine

(ص)

صبغة النيلة	indigo
صنف بلدى	landrace
صنوبر	pine
الصنوبر الأمريكى	jack pine
صُوَرية	imaging
صيانة	conservation
صيانى	conservationist

(ض)

ضابط النبض	pacemaker

(ط)

طارئ	emergent

الطباق، نبات	tobacco
طُوطَم	totem
طُوطمية	totemism
طول العمر	life span

(ظ)

ظاهرة الصوبة	greenhouse effect

(ع)

عبر جنسى	trans sexual
عبر جينى	transgenic
عتاد	hardware
العتاد الجينى	geneware
عـــدة	kit
العلاج بالجينات	gene therapy
علم العقاقير	pharmacology
علم المناعة	immunology
علم الوراثة	genetics
عنصرية	racism
عيب (وراثى)	genetic defect

(غ)

الغلاف الجوى (للأرض)	atmophere
الغلاف الصخرى للأرض	geosphere, lithosphere
الغلاف الفلزى للأرض	barysphere
الغلاف المائى للأرض	hydrosphere

(ف)

فأر السرطان	oncomouse
فتح	breakthrough
فوق قومية	supernational
فونا	fauna
فلورا	flora
فيّأ (يُفيّىء)	compartmentalize, itemize
فى الأنبوب	in vitro
فى الحى	in vivo
فى الموقع	in situ
فيروس	virus
فيروس ارتجاعى	retrovirus

(ق)

القاحلات، الأراضى	barrens
القتل الرحيم	euthanasia
القرد الجنوبى	austtralopithecus

apes	قِرَدة عليا
CD-ROM (compact disc read only memory)	قرص ذاكرة للقراءة فقط
satellite	قمر اصطناعى
data base	قواعد بيانات

(ك)

Chy - Max	كاى ـ ماكس
biomass	كتلة حيوية
globalize	كَرّضَ
global	كُرْضى
crane	كُرْكى
whooping crane	الكُرْكِى الشّهاق
CFC (chlorophlorocarbonates)	ك ف ك (كلوروفلوروكربونات)
clone	كَلْوَن (يُكَلْوِن)
clone	كُلُون
computer	كمبيوتر
computerize	كَمْتَر (يُكَمْتِر)
computerization	كَمْتَرَة
quark	كوارك
combinatorial chemistry	كيمياء توفيقية

(ل)

carnivores	لاحمات
wrasse	اللبروس، سمكة
plaque	لطخة
logo	لوجو
leukemia	لوكيميا
gathering	لَمّة
leishmaniasis	الليشمانيا، داء

(م)

postmodernism	ما بعد الحداثة
metatheories	ما بعد النظريات
macroecolgy	ماكروإيكولوجيا
syndrome	متلازمة
not noticing syndrome	متلازمة «إنا لا نلاحظ»
Down syndrome	متلازمة داون
ideologue	مُتَمَذْهِب
sustainable	متواصل
bypass	مجازة
feedstock crops	محاصيل مغذية
cash crops	محاصيل نقدية
simulation	محاكاة

mimic viruses	محاكيات الفيروسات
noosphere	المحيط العقلى
comet	مُذَنّب
electroencephalograph	مَرْسَمَة موجات الدماغ
diabetes	مرض السكّر
CIMMYT	مركز السيميت
anthropocentrism	مركزية الإنسان (إنسمركزية)
pharm	المزرعة الصيدلية
augmented	مَزيد
exotic	مُستَجْلَب
biologicals	مستحضرات بيولوجية
pharmaceuticals	مستحضرات صيدلية
sensor	مستشعِر
biosensor	مستشعِر بيولوجى
proprioceptor	مستشعِر الحس العميق
futurist	مستقبلى
gene pool	مستودع چينى
think tank	مستودع فكرى
scanning	مَسْح
CAT scan	مَسْح مقطعى
accelerator	مُعَجِّل

information	معلومات
bioinformation	معلومات بيولوجية (بيومعلومات)
informatics	معلوماتية
IRRI	معهد بحوث الأرز (بالفلبين)
ICRISAT	المعهد الدولى لبحوث المحاصيل بالمناطق شبه الجافة (إكريسات)
FDA (food & drug adminstration)	م غ د (مصلحة الغذاء والدواء)
implants	مغروسات
NGO (nongovernmental organization)	م غ ح (منظمة غير حكومية)
manipulation	منابلة
TPA (tissue plasminogen activator)	منشط بلازمينوجين الأنسجة
NGO (non governmental organization)	منظمة غير حكومية (م غ ح)
contraception	منع الحمل
detergent	مُنَظِّف
miasma	ميازما
media	ميديا (أجهزة الإعلام)

(ن)

manipulate	نَابَل (يُنَابِل)
NAFTA	نافتا
nanotechnology	نانوتكنولوچيا
asteroid	نُجَيْمة
condor	النَّسْر الفَحّاح
mode	نَسَق
activist (s)	نَشِط (ج: نُشَطاء)
text	نَص
system (s)	نظام (ج: نُظُم)
ecosystem	نظام إيكولوچى
SCID (severe combined immunodeficiency)	نقص المناعة الحاد المشترك، مرض
modeling	نَمْذَجَة
panther	النمر الأرقط
specifity	نوعية

(هـ)

HOT (health oriented telecommunications)	هُوتْ (الاتصالات الموجهة نحو الصحة)
manic depression	هَوَس اكتئابى
hybridoma	هيبريدومة

هيراركية	hierarchy
هيومولين	humulin

(و)

واسم	marker
واهب	donor

(ى)

يوچينيا	eugenics

(و)

منافذ بيع مكتبة الأسرة

الهيئة المصرية العامة للكتاب

مكتبة المعرض الدائم

١١٩٤ كورنيش النيل - رملة بولاق

مبنى الهيئة المصرية العامة للكتاب

القاهرة - ت : ٢٥٧٧٥٣٦٧

مكتبة ساقية

عبد المنعم الصاوى

الزمالك - نهاية ش ٢٦ يوليو

من أبو الفدا - القاهرة

مكتبة مركز الكتاب الدولى

٣٠ ش ٢٦ يوليو - القاهرة

ت : ٢٥٧٨٧٥٤٨

مكتبة المبتديان

١٣ش المبتديان - السيدة زينب

أمام دار الهلال - القاهرة

مكتبة ٢٦ يوليو

١٩ ش ٢٦ يوليو - القاهرة

ت : ٢٥٧٨٨٤٣١

مكتبة ١٥ مايو

مدينة ١٥ مايو - حلوان خلف مبنى الجهاز

ت : ٢٥٥٠٦٨٨٨

مكتبة شريف

٣٦ ش شريف - القاهرة

ت : ٢٣٩٣٩٦١٢

مكتبة الجيزة

١ ش مراد - ميدان الجيزة - الجيزة

ت : ٣٥٧٢١٣١١

مكتبة عرابى

٥ ميدان عرابى - التوفيقية - القاهرة

ت : ٢٥٧٤٠٠٧٥

مكتبة جامعة القاهرة

بجوار كلية الإعلام - بالحرم الجامعى - الجيزة

مكتبة الحسين

مدخل ٢ الباب الأخضر - الحسين - القاهرة

ت : ٢٥٩١٣٤٤٧

مكتبة رادوبيس

ش الهرم - محطة المساحة - الجيزة

مبنى سينما رادوبيس

مكتبة أكاديمية الفنون
ش جمال الدين الأفغانى من شارع
محطة المساحة - الهرم
مبنى أكاديمية الفنون - الجيزة
ت : ٣٥٨٥٠٢٩١

مكتبة الإسكندرية
٤٩ ش سعد زغلول - الإسكندرية
ت : ٠٣/٤٨٦٢٩٢٥

مكتبة الإسماعيلية
التمليك - المرحلة الخامسة - عمارة ٦
مدخل (أ) - الإسماعيلية
ت : ٠٦٤/٣٢١٤٠٧٨

مكتبة جامعة قناة السويس
مبنى الملحق الإدارى - بكلية الزراعة -
الجامعة الجديدة - الإسماعيلية
ت : ٠٦٤/٣٣٨٢٠٧٨

مكتبة بورفؤاد
بجوار مدخل الجامعة
ناصية ش ١١، ١٤ - بورسعيد

مكتبة أسوان
السوق السياحى - أسوان
ت : ٠٩٧/٢٣٠٢٩٣٠

مكتبة أسيوط
٦٠ ش الجمهورية - أسيوط
ت : ٠٨٨/٢٣٢٢٠٣٢

مكتبة المنيا
١٦ ش بن خصيب - المنيا
ت : ٠٨٦/٢٣٦٤٤٥٤

مكتبة المنيا (فرع الجامعة)
مبنى كلية الآداب -جامعة المنيا - المنيا

مكتبة طنطا
ميدان الساعة - عمارة سينما أمير - طنطا
ت : ٠٤٠/٣٣٣٢٥٩٤

مكتبة المحلة الكبرى
ميدان محطة السكة الحديد
عمارة الضرائب سابقًا

مكتبة دمنهور
ش عبدالسلام الشاذلى - دمنهور

مكتبة المنصورة
٥ ش الثورة - المنصورة
ت : ٠٥٠/٢٢٤٦٧١٩

مكتبة منوف
مبنى كلية الهندسة الإلكترونية
جامعة منوف



ينعم الإنسان بشعور الألفة بينه وبين المجتمع الذي يحياه ويحيا فيه، حين يفتح أفقًا أمام الحاضر والمستقبل، باستيعابه المعلوم، وإدراكه المجهول، وحين يقرأ نفسه، ويقرأ الآخرين، فكل قراءة تجدد المعرفة تحررنا من العجز أمام المشكلات، وتمنحنا طاقة الإمكان على تحسين الحياة، بأن نوظف معارفنا لكل ما هو نافع ومفيد، فالمعرفة أهم وأغنى وأقوى ما يمكن أن نمتلكه في الحياة، ففي ظلها يزدهر عقل الإنسان، ووعيه المتجدد الحضور، فتتعدد لديه الإبداعات والإنجازات، وينتج الموارد والثروة، ويصنع القوة، وتتسع أمامه كل المجالات. إن من يحسن القراءة يحسن ممارسة الحياة. لذا، كانت وستظل دعوتي أن نقرأ للحاضر.. أن نقرأ للمستقبل.. أن نقرأ للحياة

سوزان مبارك

Bibliotheca Alexandrina
09662660

ISBN# 9789774207491
6 221149 011489

القراءة للجميع
2008 - 2009

٣ جنيهات

مكتبة الأسرة ٢٠٠٨

الهيئة المصرية العامة للكتاب